Benj. Grafen von Rumford

kleine Schriften

politischen, ökonomischen und philosophischen Inhalts.

Nach der zweyten vermehrten Ausgabe aus dem Englischen übersetzt.

Zweyter Band.

Zweyte Abtheilung.

Mit Kupfern.

Weimar, 1800.

Im Verlage des Industrie-Comptoirs.

VII.

Ueber
die Fortpflanzung der Wärme
in Flüssigkeiten.

Ferner

über ein merkwürdiges Gesetz, welches man bey der Verdichtung des Wassers bestätigt gefunden hat, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte beynahe gleich ist; — dann über die wunderbaren Erscheinungen welche durch dieses Gesetz in der Oekonomie der Natur bewirkt werden.

Verbunden

mit Muthmaßungen über die End-Ursache der Salzigkeit des Meers.

Ueber die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten.

I. Capitel.

Gefahr, gültige Meinungen bey philosophischen Untersuchungen ungeprüft anzunehmen. — Bisher zweifelte man noch nie an dem freyen Durchgang der Wärme durch alle Körper, nach allen Richtungen. — Allein die Wärme durchdringt nicht alle Körper ohne Ausnahme nach diesem Gesetz. — Luft, Wasser, und wahrscheinlich alle übrige Flüssigkeiten, sind in der That Nichtleiter der Wärme. — Zufällige Entdeckungen, welche auf eine durch Versuche bestätigte Untersuchung dieses bemerkungswerthen Gegenstandes führten. — Sichtbarmachung der innern Bewegung der flüssigen Körper. — Die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten wird durch alles das verhindert und zurückgehalten, was die innere Bewegung der Theile verhindert; — Schluß hieraus, daß sich die Wärme in ihnen nur nach Maaßgabe jener Bewegungen fortpflanzt; — daß diese Bewegungen die Wärme fortpflanzen — daher

her dringt diese nicht selbst durch die flüssigen Körper. — Pelzwerk, Federn, und andere ähnliche Substanzen, die in der freien Luft dazu dienen, die Wärme zusammen- und zurückzuhalten, bewirken nach Versuchen das nemliche im Wasser. — Wahrscheinlich entstehen diese Wirkungen in beiden Flüssigkeiten auf eine und dieselbe Art, nemlich, durch die gehemmte Bewegung der Theile der Flüssigkeit beim Durchgang der Wärme. — Die wärmeleitende Kraft des Wassers wird durch Mischung mit Substanzen, die es zäh machen, und dazu seine Flüssigkeit vermindern, auffallend geschwächt. — Diese Entdeckungen über die Fortpflanzung der Wärme im Wasser, klären mehrere der merkwürdigsten Operationen in der Haushaltungskunst der Natur auf. — Hieraus können wir befriedigende Rechenschaft über die Erhaltung der Bäume, Gewächse und Früchte, während des Winters in kalten Himmelsstrichen geben. —

Nichts ist ohnstreitig bey philosophisch-physikalischen Untersuchungen gefährlicher als etwas eher für ausgemacht zu halten, so unbezweifelt es auch scheinen mag, — als bis es strenge, entscheidende Versuche hinlänglich bewiesen haben. Schon oft bereuete ich, daß ich bey meinen physikalischen Untersuchungen, diese höchst nothwendige Vorsicht aus der Acht gelassen hatte.

Die

Die Fortpflanzung der Wärme gehört gewiß unter die Erscheinungen, die wir am häufigsten beobachten. Wir bemerken beständig die abwechselnde Temperatur der in die Sinne fallenden Körper, der festen, flüssigen und elastischen Stoffe; und keine Thatsache wird weniger bezweifelt, als der freye Durchgang der Wärme nach allen Richtungen durch alle Arten der Körper. — So wahr auch der Schluß, aus allem dem, was wir im gemeinen Leben erfahren und beobachten, zu seyn scheint, so ist er doch nichts destoweniger unrichtig; — und dieser irrigen allgemein angenommenen Meinung — von Gelehrten und Nicht-Gelehrten — mag es zuzuschreiben seyn, daß man bey den Untersuchungen der Lehre von der Wärme noch so wenig Fortschritte macht; — eine Lehre, die für die Menschheit von der größten Wichtigkeit ist.

Vor mehrern Jahren fieng ich, geleitet durch diese Meinung, meine Versuche über die Wärme an, und ich würde nie an den freyen Durchgang der Wärme durch die Luft gezweifelt haben, hätte nicht eine zufällige Entdeckung meine Aufmerksamkeit unwiederstehlich auf diesen Gegenstand geheftet; ja sogar nachdem die Resultate mehrerer Versuche, welche mir entscheidend zu seyn schienen, mich zu dem

Schlusse

Schlusse berechtigten, daß die Luft ein Nichtleiter der Wärme sey; oder daß die Wärme sie nicht paßiren kann, ohne durch ihre Theilchen fortgeführt zu werden, wobey diese individuell und unabhängig von einander wirken; so war ich doch, weit entfernt diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, und durch mehrere Versuche die Art, wonach die Wärme sich andern Körpern mittheilt, zu ergründen, noch nicht hinlänglich berechtigt anzunehmen, daß diese Eigenschaft sich weiter, als auf elastische Flüssigkeiten erstrecke.

Was die flüssigen Körper betrift, so war ich so überzeugt, daß die Wärme ungehindert nach allen Richtungen durch sie durchgehen könne, daß mich dieses Vorurtheil ganz verblendete, ganz unfähig machte, die unläugbarsten und klärsten Beweise der Irrigkeit dieser Meinung wahrzunehmen.

In meiner vorigen VI. Abhandlung über Behandlung der Feuerhitze und über Holz-Sparung, gab ich schon an, wie ich auf die Entdeckung geführt wurde, daß Dampf und Flamme Nichtleiter der Wärme sind. — Nun will ich dem Publikum eine Menge von Versuchen mittheilen, die ich seit einiger Zeit anstellte, welche, wie ich glaube darthun werden, daß Wasser, und wahrscheinlich alle übrige flüssige

Kör-

Körper dieselbe Eigenschaft besitzen. Dies will nemlich so viel sagen, daß, obgleich die Theile jeder Flüssigkeit an sich betrachtet die Wärme von andern Körpern annehmen, oder sie ihnen mittheilen können; doch aller Wechsel und Mittheilung der Wärme unter diesen Theilen selbst absolut unmöglich sey.

Vielleicht ist es doch werth, die verschiedenen Wege kennen zu lernen, die mich auf eine durch Versuche begründete Erforschung dieses merkwürdigen Gegenstandes leiteten.

Beym Essen bemerkte ich nemlich oft, daß besonders einige Speisen ihre Hitze länger behielten, als andere; vorzüglich blieben Aepfel-Pasteten, und eine Mischung von Aepfeln und Mandeln, (ein beliebtes Gericht in England) erstaunlich lange heiß. Diese auffallende Eigenschaft der Aepfel, ihre Wärme so lange zu erhalten, setzte mich oft in Erstaunen; nie verbrannte ich mir den Mund daran, ohne (obgleich vergeblich) zu versuchen, diese merkwürdige Erscheinung auf eine befriedigende Art zu erklären.

Vor vier Jahren, erregte ein ähnlicher Zufall meine ganze Aufmerksamkeit, und spannte meine Wißbegierde noch mehr. Ich war in einem Zimmer,

das

das durch einen eisernen Ofen geheitzt wurde, eben mit einem Versuche beschäftigt, den ich nicht gut unterbrechen konnte, als man mir mein Mittagsessen, welches in einer Schale voll dicker Reissuppe bestand, brachte; da ich aber gerade noch zu sehr beschäftigt war, um sie gleich zu essen, so sagte ich, man möchte sie einstweilen nur auf den Ofen setzen, damit sie nicht kalt würde. Ohngefähr nach einer Stunde, so viel ich mich erinnern kann, wurde ich hungrig, und da mein Essen auf dem Ofen stand, so nahm ich einen Löffel voll von der Suppe, die beynahe ganz kalt und dick war. Da ich zufällig mit dem Löffel zum zweytenmal tiefer tauchte, so verbrannte ich mir damit den Mund *). Dieser Umstand erinnerte mich von neuen an die heißen Aepfel und Mandeln, womit ich mir vor vielen Jahren in England den Mund so oft verbrannt hatte; allein auch dieser Zufall, ob er mich gleich sehr überraschte, war doch noch nicht hinreichend mir die Augen zu öffnen, und meine Vorurtheile über die wärmeleitende Kraft des Wassers zu zernichten.

Als

*) Wahrscheinlich war der Ofen beynahe ganz kalt, als die Schale darauf gesetzt wurde, und die Suppe erkaltete folglich beynahe ganz. Als nachher wieder frisch eingeheitzt wurde, so wuchs die Hitze sehr schnell.

Als ich im Anfange des Jahres 1794 in Neapel war, so überraschten mich neben den andern mannichfaltigen Naturmerkwürdigkeiten, vorzüglich mehrere interessante Erscheinungen, welche die heißen Bäder zu Bajä meiner Beobachtung darboten, darunter war vorzüglich eine Erscheinung, welche mich ganz in Erstaunen setzte. Als ich nemlich so am Meeres Ufer stand, nahe bey den Bädern, wo der heiße Dampf aus allen Spalten der Felsen, ja sogar aus dem Boden drang, so steckte ich meine Hand aus Neugierde in das Wasser. Da die Wellen, die von dem Meere landeinwärts kamen, ununterbrochen auf einander folgten, und sich am Rande brachen, so überraschte es mich nicht, daß das Wasser kalt war; — aber da ich die Fingerspitzen durch das kalte Wasser hindurch in den Sand steckte, so war ich ganz erstaunt, die Hitze im Sande so unerträglich zu finden, daß ich gleich meine Hand wieder herauszie-

hen mußte. Der Sand war ganz naß, und doch war die Temperatur bey der geringen Entfernung von 2 oder 3 Zoll so verschieden! Durchaus konnte ich dieses nicht mit der angenommenen großen wärmeleitenden Kraft des Wassers zusammenreimen. Ich fand die Oberfläche des Sandes eben so kalt, als das darüber hinrauschende Wasser; und dieses vermehrte mein Staunen noch um vieles. Jetzt

zwei-

zweifelte ich zum erstenmal an der wärmeleitenden Kraft des Wassers, und beschloß sogleich, Versuche zur Bestätigung dieses Irrthums anzustellen. Doch erst vor einem Monat führte ich diesen Entschluß aus, und vielleicht hätte ich ihn auch da nicht unternommen, wäre mir nicht eine andere unerwartete Erscheinung aufgestoßen, die meine Aufmerksamkeit und Neugierde von neuem auf diesen Punkt geleitet hätte.

Bey einer Reihe von Versuchen, die ich über Mittheilung der Wärme anstellte, gebrauchte ich Thermometer mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt, von ungewöhnlicher Größe — (die Kugeln hatten über einen Zoll im Durchmesser). Eins davon mit Weingeist gefüllt, hatte ich der stärksten Hitze, die es nur ertragen konnte, ausgesetzt. Um es abzukühlen stellte ich es in ein Fenster, worauf gerade die Sonne schien. Wie ich so die Röhre scharf betrachtete, die von allen Seiten frey war (die Grade der Scale waren mit einem Diamant in das Glas selbst eingeschnitten) — so bemerkte ich auf einmal eine Erscheinung, die mich ganz überraschte, und zugleich äusserst interessirte. Ich bemerkte nemlich, daß die ganze Flüssigkeit in der Röhre in der heftigsten Bewegung war, und zu gleicher Zeit schnell nach zwey

ent=

entgegengesetzten Richtungen auf und nieder stieg. Die Kugel des Thermometers, von Kupfer, war zwey Jahre früher gemacht worden, ehe ich Muße bekam, diese Versuche anzustellen; da ich sie ungefüllt und unverstopft hatte stehen lassen, so hatten sich inwendig einige feine Staubtheilchen angesetzt. Diese Theilchen, die sich ganz mit dem hineingeschütteten Weingeist vermischt hatten, wurden, da die Sonne auf die Röhre schien, vollkommen sichtbar (eben so wie die feinen Stäubchen in einem verfinsterten Zimmer durch einen hineinfallenden Lichtstrahl sichtbar werden), — und durch die Bewegung dieser Stäubchen bemerkte ich eben die heftigen Bewegungen, womit der Weingeist in der Thermometerröhre herumgetrieben wurde. — Das Glas dieser Röhre, deren innerer Durchmesser $\frac{43}{100}$ Zoll beträgt, und das sehr dünn ist, war durchaus farbenlos, und sehr durchsichtig, so daß ich also die Erscheinung deutlich, bestimmt und schön sehen konnte.

Als ich die Bewegung des Weingeistes mit einer Loupe genauer betrachtete, so bemerkte ich, daß der aufsteigende Strom die Achse der Röhre einnahm, und an den Seitenwänden der Röhre strömte er wieder herunter. Neigte ich die Röhre ein wenig, so trat der aufsteigende Strom aus

der

der Achse heraus, und nahm die obere Wand der Röhre ein, unterdessen der herabfallende Strom die ganze untere Seite der Röhre erfüllte. Beschleunigte ich das Erkalten des Weingeistes in der Röhre durch Besprengen mit eiskaltem Wasser, so beschleunigte dies die Geschwindigkeit beyder Ströme, des auf- und absteigenden, um ein merkliches. So wie sich aber das Thermometer mehr abkühlte, so verminderte sich auch die Geschwindigkeit dieser Ströme; und so wie seine Temperatur der der Stubenluft beynahe gleich war, so unterblieb die Bewegung ganz und gar.

Ich glaube, man könnte diese strömenden Bewegungen sehr verlängern, wenn man die Thermometerkugel mit Pelz oder einem andern warmhaltenden Stoff umgäbe.

Ich wiederholte den Versuch mit einem ähnlichen Thermometer von gleichen Dimensionen, füllte ihn mit Leinöl, und die Erscheinungen, da ich ihn im Fenster der Kälte aussetzte, waren dieselben. Der Lauf der Ströme, und die Gegenden, die sie in der Röhre einnahmen, waren die nemlichen, wie zuvor; so waren auch allem Anscheine nach die Strömungen hier eben so heftig, als in dem mit Weingeist gefüllten Thermometer.

Jetzt

Jetzt blieb mir kein Zweifel mehr über die Ursachen dieser Erscheinungen, da ich überzeugt war, daß die Bewegung in diesen Flüssigkeiten durch ihre Theilchen verursacht wurde, die einzeln und immer auf einander folgend ihre Wärme an der kältern Seitenwand der Röhre abgaben, eben so wie ich anderswo bewiesen habe, daß die Theilchen der Luft ihre Wärme andern Körpern mittheilen. Jetzt machte ich den Schluß, daß dieselbe und wahrscheinlich alle übrige Flüßigkeiten in der That Nichtleiter der Wärme sind, und ich beschloß sogleich mehrere Versuche anzustellen, um die Sache ganz evident zu beweisen.

Da ich diesen Gegenstand einer strengen Prüfung unterwarf, so schien es mir, daß, gesetzt die Flüßigkeiten wären Nichtleiter der Wärme, oder daß diese in ihnen nur nach Maaßgabe der innern Bewegung ihrer Theilchen fortgepflanzt würde, so müßte in diesem Fall alles was ihre Bewegung hinderte, ohnstreitig auch diese Operation hemmen, und die Fortpflanzung der Hitze langsamer und schwieriger machen. Was die Luft betrift, so hatte ich wirklich gefunden, daß es da der Fall ist, und ob ich gleich (geleitet durch ein festes tief eingewurzeltes Vorurtheil) aus dem Resultate eines unvollkommenen

nen Versuchs zu schnell geschlossen hatte, daß es sich in Ansehung des Wassers nicht so verhielte; so zeigten sich jetzt triftige Gründe, das Resultat jener Versuche zu bezweifeln, und den Gegenstand von neuem einer sorgfältigen und entscheidenden Untersuchung zu unterwerfen.

Da ich die Verfahrungsart bey meinen Versuchen über die leitende Kraft der Luft auch hier für die paßendste hielt, so richtete ich mir einen schicklichen Apparat zu dieser Absicht ein. Der erste Gegenstand meiner Untersuchung gieng darauf, zu entdecken, ob die Fortpflanzung der Wärme durch das Wasser dadurch gehindert würde oder nicht, daß man die innere Bewegung der Theilchen des Wassers, die durch die Veränderung der Temperatur verursacht wird, störte und schwieriger machte. Ich ließ daher eine gewisse Quantität Wärme durch eine bestimmte Quantität Wasser — in einem gemessenen Raum geschlossen — gehen, und merkte die bey der Operation verfloßene Zeit an. Ich wiederholte dann mit demselben Apparate das Experiment wieder, nur mit dem Unterschiede, daß bey diesem zweyten Versuche das Wasser, wodurch die Wärme gehen sollte, nicht ganz rein war, sondern mit einer geringen Menge irgend einer feinen Substanz (z. E.

Eider-

Eiderdunen) gemischt war — die, ohne chemisch auf die Bestandtheile des Wassers zu wirken und ohne seine Flüssigkeit zu vermindern, nur dazu dienten die Bewegung der Wassertheilchen bey Fortpflanzung der Wärme zu hemmen und zu stören; vorausgesetzt, daß die Wärme wirklich auf diese Art weiter geführt oder getragen würde, und nicht frey durch die Flüssigkeiten gehen könnte.

Das Instrument, welches die Wärme aufnahm, und zu gleicher Zeit dazu diente, die Quantität der mitgetheilten Wärme zu messen, bestand in einem großen cylindrischen Thermometer (Taf. 1.) der untere Behälter oder Flasche dieses Thermometers von dünnem Kupferblech ist cylinderförmig, seine beyden Enden aber sind sphärisch.

Verhältnisse desselben.

Diameter	1,84 Zoll
Länge	4,99 —
Inhalt od. Capacität,	13,2099 Cub. Zoll
Aeußere Oberfläche .	28,834 Quad. Z.

Die Stärke des Kupferbleches, woraus er verfertigt ist, beträgt 0,03 Zoll. Leer wiegt er 1846 Gran; — und hält bey der Temperatur von 55 Grad 3344 Gran Wasser. In dieser kupfernen Flasche ist eine Glasröhre befestigt, 24 Zoll lang,

und $\frac{4}{100}$ Zoll im Durchmesser; diese Röhre ist durch einen Kork in eine andere cylindrische Röhre von Kupfer gepaßt, die 1 Zoll lang, und $\frac{65}{1000}$ Zoll im Durchmesser hat, und noch zu dem kupfernen Behälter gehört.

Dieses Thermometer wurde mit Leinöl gefüllt, seine Scale graduirt, und dann in der Mitte oder in die Achse einer hohlen cylindrischen Röhre befestigt, die aus dünnem Messingblech verfertigt $11\frac{1}{2}$ Zoll lang war und inwendig 2,3435 Zoll im Durchmesser hatte. Diese cylindrische Röhre ist an dem einen Ende offen, hat aber am andern einen sphärischen Boden, dessen convexe Fläche nach aussen steht. Der Cylinder wiegt 2261 Gr. die Dicke des Messingbleches beträgt 0,0128 Zoll.

Die Flasche des Thermometers kam in den untern Theil des messingenen Cylinders, und wurde durch 3 hölzerne Stiftchen — $\frac{1}{10}$ Zoll im Diameter, und $\frac{1}{4}$ Zoll lang — die in Futtern von dünnen Kupferblech ($\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmesser, und $\frac{3}{20}$ Zoll lang) saßen, in der Mitte des Cylinders erhalten. Das obere Ende der Thermometer-Flasche coincidirt mit der Achse des messingenen Cylinders dadurch, daß die Glasröhre des Thermometers mitten durch

einen

einen Kork geht, der das Ende des äussern Cylinders verschließt. Der Boden der Thermometer-Flasche steht nicht auf dem hemisphärischen Boden des messingenen Cylinders, sondern ruht $\frac{1}{4}$ Zoll davon ab auf einem hölzernen Stifte (eben so, wie die drey oben beschriebenen). Dieser Stift steht perpendicular mitten auf dem Boden der cylindrischen Röhre in einem Futter. Die Enden aller dieser hölzernen Stifte sind abgerundet, um zwischen ihren Spitzen und der Flasche des Thermometers so wenig Berührungs-Punkte als möglich zu machen.

Ist das Thermometer nun aufgestellt, so bleibt zwischen der Thermometer-Flasche und der innern Seite des messingenen Cylinders in welchem es steht, auf allen Seiten noch Raum übrig. Der Abstand der Oberfläche der Flasche von der innern Seite des sie umgebenden Cylinders beträgt 0,25175 Zoll. Dieser Zwischenraum dient dazu, um das Wasser oder andere Substanzen aufzunehmen, durch welche die Wärme in die Thermometer-Flasche aus und eingeht; und die Quantität der hineingedrungenen Wärme zeigt sich durch die Höhe des Standes der Flüssigkeit in der Thermometer-Röhre. Die Wasser-Menge, um diesen leeren Raum auszufüllen, und das obere Ende der Thermometer-Flasche noch

$\frac{1}{4}$ Zoll hoch zu bedecken, wog 2468 Gr. Wenn das Thermometer in das Wasser getaucht wurde, so berührte dieses natürlich seine ganze Oberfläche, welche, wie oben angeführt wurde, 28,834 Quadrat-Zoll betrug.

Wenn die Thermometer-Flasche mit Wasser oder mit einer andern Flüssigkeit oder Mischung umgeben war, dessen wärmeleitende Kraft bestimmt werden sollte, so wurde ein runder Kork, der den messingenen Cylinder nicht ganz ausfüllte, und $\frac{1}{2}$ Zoll dick war, mit einem Loche in der Mitte, wodurch die Thermometer-Röhre gesteckt wurde, in den messingenen Cylinder geschoben, aber nicht so tief, daß er das Wasser, oder die andern Substanzen, die darinne sind, berührt. Diese Korkscheibe wird da, wo sie sitzen soll, durch drey hervorragende messingene Stifte fixirt, die von aussen an den metallenen Hals der Thermometer-Flasche gelöthet sind.

Sobald die Kork-Scheibe an ihren Platz geschoben ist, so wird der obere Theil des hohlen messingenen Cylinders mit Eiderdunen gefüllt und wieder mit einem Kork verschlossen, der auch in der Mitte ein Loch hat, wodurch die Thermometer-Röhre geht, und oben hervorragt. Da die ganze Thermo-

meter-

meter-Scale vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt über den obersten Korkstöpsel hervorragt, so kann man jede Abwechselung der Wärme, der das Instrument ausgesetzt ist, beständig beobachten, ohne auch nur den Apparat im geringsten zu verrücken.

Das Thermometer ist nach Fahrenheit graduirt, und die Grade sind mit einem äusserst richtigen Troughtonschen Queckſilber-Thermometer correspondirend.

Die Versuche mit diesem Instrumente, das ich des Unterschiedes halber ein cylindrisches Passage-Thermometer nennen will, wurden nun auf folgende Art angestellt. Das Thermometer wurde auf die oben beschriebene Art in dem messingenen Cylinder befestigt, und mit der Substanz, deren wärmeleitende Kraft man untersuchen wollte, umgeben. Dann wurde das ganze Instrument in schmelzendes Eis so lange gestellt, bis das Thermometer auf 32° fiel. Jetzt nahm ich es aus dem geschmolzenen Eise heraus, und tauchte es unmittelbar darauf in ein großes Gefäß mit siedenden Wasser. Nun schätzte ich die wärmeleitende Kraft der Substanz (die der Gegenstand des Versuchs war) nach der Zeit, welche die Hitze brauchte, um durch die

Sub-

Subſtanz hindurch in das Thermometer zu bringen. Die Zeit wurde genau angemerkt, da die Flüſſigkeit im Thermometer auf den 40° der Scale kam, und eben ſo wie ſie von 20 zu 20 Grad darüber ſtieg.

Je langſamer ſich die Wärme in einem medio bewegt oder hindurch dringt, deſto längere Zeit braucht eine beſtimmte Quantität Wärme, um hindurch zu gehen; und da das Thermometer die Veränderungen der Temperatur des Körpers, der erwärmt oder abgekühlt wird, durch die Flüſſigkeit, womit daſſelbe gefüllt iſt zeigt, ſo muß ſich zufolge des Durchgangs der Wärme durch das medium, womit das Thermometer umgeben iſt, — die wärmeleitende Kraft dieſes Medium's, durch die Geſchwindigkeit des Steigens und Fallens des Thermometers ergeben, wenn man das Inſtrument, das ſich in einer beſtimmten Temperatur befand, plötzlich in ein anderes medium, von einer andern beſtimmt bleibenden Temperatur bringt.

Da ich nun das Inſtrument fertig hatte, und mich des Verbrennens beym Eſſen heiſſer Aepfel P ſteten wieder erinnerte, ſo war ich begierig zu ſehen, ob Aepfel, die wie ich wußte, beynahe ganz aus Waſſer beſtehen, wirklich eine gröſsere Kraft die

Wärme

Wärme an sich zu halten besitzen, als das Wasser, wenn es rein, und nicht mit andern Körpern verbunden ist. Aber ehe ich den Versuch selbst unternahm, suchte ich um das Resultat desto befriedigender darzustellen — auf folgende Art die Wassermenge, welche die Aepfel wirklich enthalten, und das Verhältniß ihrer fibrösen Theile zu dem ganzen Volumen, auszumitteln: nemlich 960 Gran gedämpfte Aepfel, die vorher sauber geschält, ausgekernt und von den Stielen gereinigt waren, wurden in kaltem Brunnenwasser gewaschen. Nachdem sich der fibröse Theil der Aepfel auf dem Boden des Gefäßes abgesetzt hatte, so wurde die klare Flüssigkeit abgegossen, und der fibröse Bodensatz getrocknet. Jetzt wog er gerade 25 Gr. dieser fibröse Rest von 960 Gr. gedämpfte Aepfel wurde von neuem in kaltem Brunnenwasser gewaschen, dann durchaus getrocknet, indem man ihn in einer porzellan Schaale auf einem teutschen Ofen setzte, der beständig heiß erhalten wurde. Da ich ihn jetzt wieder wog, so betrug sein Gewicht nicht mehr als $18\frac{9}{10}$ Gran.

Aus diesem Versuch erhellt nun, daß der fibröse Theil der gedämpften Aepfel nicht ganz $\frac{1}{50}$ der Masse beträgt, woraus ich mit hinlänglichen Grund

schließe,

schließe, daß die übrigen $\frac{2}{50}$ der ganzen Summe, und noch etwas darüber, bloß aus Wasser bestehen.

Jetzt umgab ich die Flasche meines cylindrischen Passage-Thermometers mit einer Quantität jenes Aepfel-Breyes, der so dick war, daß er keine Flüssigkeit mehr zeigte, steckte das Instrument in gestoßenes Eis, das zu schmelzen anfieng, und da das Thermometer anzeigte, daß das Ganze sich bis auf die Temperatur von 32 Grad abgekühlt hatte, so nahm ich das Instrument aus dem schmelzenden Eise heraus, und tauchte es schnell in ein Gefäß mit siedendem Wasser. Das Wasser wurde während des ganzen Versuchs im stärksten Kochen erhalten. Die verschiedenen Zeiten, um das Thermometer von 20 zu 20 Grad zu erhitzen, beobachtete ich genau, und trug sie in eine Tabelle ein, die dazu im voraus schon bereit lag.

Dieser Versuch wurde zweymal wiederholt, und eben so oft verändert indem ich das Instrument bis zum Siedepunkte erhitzte, dann in das schmelzende Eis tauchte, und die Zeit, binnen welcher die Hitze aus dem Thermometer heraustrat, bemerkte. Nun that ich den Aepfelbrey, den die Thermometer-Flasche umgab, heraus, füllte den Zwischenraum, den der Brey eingenommen hatte, mit reinem

Wasser an, und wiederholte die Versuche von neuen mit dieser Flüssigkeit. Die folgenden Tabellen zeigen die Resultate dieser Versuche.

Zeit, in welcher die Wärme in das Thermometer hineindrang.				
	Durch gedämpfte Aepfel.		Durch Wasser.	
	Versuch No. 1.	Versuch No. 3.	Versuch No. 5.	Versuch No 7.
	Se= cunden.	Se= cunden.	Se= cunden.	Se= cunden.
Bey der Erhizzung des Thermometers von 32° bis auf 40°	95	89	45	45
von 40° bis auf 60°	75	67	36	35
von 60 . . 80°	61	56	34	31
100°	65	60	30	30
120°	73	66	37	36
140°	90	82	44	44
160°	121	113	63	60
180°	188	170	93	90
200°	360	364	226	215
Total = Summe bey Erhitzung des Thermometers von 32° bis auf 200°	1128	1057	608	586
Zeiten, um das Instrument 80° zu erhitzen, z. E. von 80° bis auf 160°	349″	321″	174″	170″
Mittlere Zeit bey der Erhitzung von 80° bis auf 160°	Bey gedämpften Aepfeln 335″		Bey Wasser 172″	

Die

Die Resultate dieser Versuche beweisen, daß die Wärme langsamer, oder mit grösserer Schwierigkeit durch gedämpfte Aepfel, als durch reines Wasser geht, und da die gedämpften Aepfel beynahe ganz aus Wasser mit einem kleinen Zusatze fibröser und schleimigter Substanzen bestehen, so wird dadurch klar, daß die leitende Kraft des Wassers in Hinsicht auf die Wärme geschwächt werden könne.

Die Resultate folgender Versuche werden diesen Schluß auffer Zweifel setzen.

Zeit in welcher die Wärme aus dem Thermometer hinaustrat.				
	Durch gedämpfte Aepfel.		Durch Wasser.	
	Versuch No. 2.	Versuch No. 4.	Versuch No. 6.	Versuch No. 8.
	Secunden.	Secunden.	Secunden.	Secunden.
Beym Erkalten des Thermomet. von der Temperatur v. 200° zurück auf die von 180°	80	74	46	37
von 180° bis 160°	75	72	42	37
160 . 140°	84	83	43	43
120°	107	101	54	51
100°	141	136	73	73
80°	198	190	112	105
60°	321	307	200	204
40°	775	733	483	461
Total-Zeit beym Erkalten von 200° zurück bis auf 40°	1781	1696	1053	1011
Zeiten, um das Instrument um 80° abzukühlen z. E. von 160° zurück bis 80°	530″	510″	282″	272″
Mittlere Zeit beym Abkühlen von 160° zu 80°	In gedämpften Aepfeln 520″		Im Wasser 277″	

Da das Erhitzen und Erkalten des Instruments langsam fortgeht, wenn es sich der Temperatur des Medium's, worin man es gestellt hat, nähert, so geht auf der andern Seite dieser Proceß sehr geschwind vor sich, wenn die Temperatur des Instruments

ments von der des Medium's sehr verschieden ist. Diese beyden Umstände machen, daß die Beobachtungen, die man an den Enden der Thermometer-Scale macht, dem Irrthum weit mehr ausgesetzt sind, und folglich weniger befriedigend ausfallen als diejenigen, die um die Mitte des Thermometers herum angestellt werden. Damit nun die Hauptschlüsse aus den Resultaten dieser Versuche gezogen, nicht durch diese unvermeidlichen Mängel fehlerhaft würden, so nahm ich — anstatt die Geschwindigkeit des Durchgangs der Wärme nach den Zeiten, in welchen sich das Thermometer durch die ganze Länge seiner Scale erhitzte oder abkühlte (oder vom Gefrier- bis zum Siedepunkte) zu schätzen, die Zeiten, die verflossen, um es zu 80° in der Mitte der Scale zu erhitzen oder abzukühlen (z. E. zwischen 80° und 160 Grad) als das Maas der leitenden Kraft der Substanzen, wodurch man die Wärme gehen ließ, an.

Doch bemerkte ich auch die Zeiten, die verflossen, um das Instrument durch einen viel größern Zwischenraum, zu erhitzen oder abzukühlen, nemlich, durch einen Zwischenraum von 168 Grad bey der Erhitzung — oder von 32° bis auf 200°, — und bey der Abkühlung durch 160°, oder von 200° bis auf 40°.

Was

Was das Abkühlen des Instruments betrift, so muß ich meine Leser doch benachrichtigen, daß, ob ich gleich in den Tabellen der Versuche keine höhere Temperatur als die von 200° bemerkt habe, das Wasser doch immer bis zum Siedepunkte erhitzt wurde, welcher, beym Luftdruck in München, wo ich die Versuche anstellte, gewöhnlich etwas über 209½ Grad Fahrenheit betrug. Ich ließ das Instrument so lange im kochenden Wasser bis sein Thermometer ganz still stand, dann nahm ich es heraus, tauchte es sogleich in schmelzendes Eis, und beobachtete und notirte genau die Zeit, wenn die Flüssigkeit im Thermometer auf den 200° der Scale kam; und eben so, wenn es auf die übrigen in den Tabellen angeführten Grade sank.

In Hinsicht auf die 4 zuletzt angeführten Versuche No. 2.4.6.8. wird man bey der Untersuchung finden, daß ihre Resultate sehr genau mit den zuvor beschriebenen übereintreffen, und sie beweisen sehr entscheidend folgenden wichtigen Satz: — daß eine geringe Menge gewisser Substanzen, wenn man sie mit dem Wasser mischt, sehr mächtig dahin wirkt, die wärmeleitende Kraft dieser Flüssigkeit zu schwächen.

Bey den Versuchen No. 1. und 2. welche ich beide an Einem Tage anstellte, wurde die Wärme bey ihrem Durchgange durch die gedämpften Aepfel, die das Thermometer umgaben, weit mehr gehemmt, als bey den Versuchen No. 3. und 4., die den folgenden Tag angestellt wurden. Wahrscheinlich bewirkte die veränderte Consistenz der weichen Aepfel-Masse, (weil das Instrument in der Zeit zwischen beyden Versuchen damit angefüllt stehen blieb) diesen Unterschied, aber anstatt mich dabey aufzuhalten, zu erforschen, wie es zugieng, so führe ich einige Versuche an, deren Resultate befriedigender, als alle Speculationen, die ich hierüber anführen könnte, seyn werden.

Vorausgesetzt, daß die Wärme sich im Wasser eben so fortpflanzt, wie in der Luft, oder durch die andern elastischen Flüssigkeiten, das heißt, daß sie durch ihre Theilchen fortgetragen würde, daß diese Theilchen durch die Veränderung ihres specifischen Gewichts bey Veränderung der Temperatur in Bewegung gesetzt würden, und daß überhaupt keine Mittheilung oder Wechsel der Wärme unter den Theilen derselben Flüssigkeit statt findet, so ist es in diesem Falle klar, daß die Fortpflanzung der Wärme durch eine Flüssigkeit auf zweyerley Art gehemmt werden kann, nemlich:

1)

1) Dadurch daß man seine Flüssigkeit verringert, indem man irgend eine klebrige Substanz darin auflößt; oder

2) Auf eine einfachere Art dadurch, daß die Bewegung der Theilchen bey Fortpflanzung der Wärme bloß gestört und gehemmt wird, indem man die Flüssigkeit mit soliden Substanzen von geringem Volumen, oder solche, die im Verhältniß zu ihrer Dichtigkeit eine große Oberfläche haben, vermischt. Doch müssen diese Substanzen Nichtleiter der Wärme seyn.

Bey den eben angeführten Versuchen mit gedämpften Aepfeln, wurde der Durchgang der Wärme durch Wasser (da dieses den größten Theil der Aepfel-Masse ausmachte) ohne Zweifel auf beyde Arten gehemmt. Der schleimige Theil der Aepfel verminderte die Flüssigkeit des Wassers beträchtlich, indeß die fibrösen Theile zur Erschwerung der innern Bewegung dienten.

Um nun die comparativen Wirkungen dieser beyden Ursachen zu erfahren, so war es nöthig, beyde zu trennen, oder Versuche anzustellen, wo jede nur einzeln wirken konnte. — Dies suchte

ich

ich auf folgende Art zu bewirken: ich mischte, um die Versuche bey Verminderung der Flüssigkeit des Wassers zu bestätigen 192 Gr. Stärke in 2276 Gr. Wasser — und um die Wirkungen genau zu bestimmen, die dadurch entstanden, daß man die Bewegungen des Wassers erschwerte, so mischte ich es mit eben so viel Gran Eiderdunen. Die Stärke wurde mit dem Wasser, worin man sie gemischt hatte, gekocht; eben so geschah es mit den Eiderdunen. Die letztern wurden in dem Wasser gekocht, um sie von aller Luft zu befreyen, die bekanntlich mit großer Hartnäckigkeit daran hängt.

Um diese Versuche leichter mit jenen, die ich mit gedämpften Aepfeln, und mit reinen Wasser anstellte, vergleichen zu können, so habe ich in folgenden Tabellen alle Resultate neben einander gestellt.

Zeit

	Zeit in welcher die Wärme in das Thermometer eindrang.			
	Durch eine Mischung von 2276 Gr. Wasser und 192 Gr. Stärke.	Durch eine Mischung von 2276 Gr. Wasser und 192 Gr. Eiderdunen.	Durch gedämpfte Aepfel.	Durch reines Wasser.
	Versuch No. 9.	Versuch No. 11.	Mittel von 2 Versuch. No. 1. u. No. 3.	Mittel von 2 Versuch. No. 5. u. N. 7.
	Secunden.	Secunden.	Secunden.	Secunden.
Um das Thermometer zu erhitzen v. 32° bis auf 40°	101	83	92	45
von 40° bis 60°	72	55	71	35½
60° bis 80°	64	49	58½	32½
100°	63	52	62½	30
120°	74	57	69½	36½
140°	89	67	86	44
160°	115	93	117	61½
180°	178	133	179	91½
200°	453	360	362	220½
Total Zeiten um das Instrument von 32° bis 200° zu erhitzen	1109	949	1096½	597
Zeitraum, um das Thermometer um 80° zu erhitzen z. E. von 80° bis 160°	541″	269″	335″	172″

	Zeit, in welcher die Wärme aus dem Thermometer heraustrat.			
	Durch eine Mischung von 2276 Gr. Wasser und 192 Gr. Stärke.	Durch eine Mischung von 2276 Gr. Wasser und 192 Gr. Eiderdunen.	Durch gedämpfte Aepfel.	Durch reines Wasser.
	Versuch No. 10.	Versuch No. 12.	Mittel von 2 Versuch. No. 2. u. No. 4	Mittel von 2 Versuch. No. 6. u. No. 8.
	Secunden.	Secunden.	Secunden.	Secunden.
Beym Erkalten des Thermomet. von 200° bis 188°	69	68	77	41½
von 180° bis 160°	66	61	73½	39½
160° bis 140°	74	72	83½	43
120°	92	91	104	52½
100°	119	120	138½	73
80°	173	177	194	108½
60°	283	279	314	202
40°	672	673	754	472
Total-Zeit um es von 200° bis auf 40° abzukühlen.	1548	1541	1749½	1032
Zeit, um das Instrument um 80° abzukühlen z. E. von 160° bis auf 80°	468″	460″	520″	2?7″

Zufolge

Zufolge der Resultate dieser Versuche, die auf die entscheidendste Art beweisen, daß die Fortpflanzung der Wärme durch das Wasser, nicht bloß durch die Mittel, die seine Flüssigkeit vermindern, gehemmt wird, sondern auch durch solche Mittel, die ohne irgend eine Verbindung mit dem Wasser einzugehen, bloß mechanisch seine innern Bewegungen brechen; so scheint mir dieses hinlänglich zu beweisen, daß die Wärme im Wasser zufolge dessen innerer Bewegung fortgepflanzt wird; — und also von den Theilen dieser Flüssigkeit weiter getragen oder geführt wird, folglich sich nicht darin so vertheilt und ausbreitet, wie man allgemein annahm.

Ich zeigte anderswo, ja ich darf wagen zu sagen, ich habe es bewiesen *), daß sich die Wärme in der Luft eben so fortpflanzt, als wie ich in dieser Abhandlung behaupte, daß sie dies im Wasser thue. Findet es sich nun wirklich, daß die wärmeleitende Kraft dieser beyden Elemente durch dieselben Mittel geschwächt wird, so können wir hieraus mit triftigen Gründen schließen, daß sie beyde die Wärme auf dieselbe Art fortleiten; und ich habe nun wirklich gefunden, daß dies der Fall ist.

*) Philosophical Transactions. 1792.

Eiderdunen, die die specifischen Eigenschaften von Wasser und Luft nicht ändern, und die, wenn sie mit ihnen vermischt sind, bloß die innere Bewegungen hemmen und erschweren, verzögern, wie ich fand, die Fortpflanzung der Wärme in beyden Flüssigkeiten. Vergleicht man diese Versuche nun mit denen, die ich ehedem über die wärmeleitende Kraft der Luft anstellte, so wird man finden, daß die wärmeleitende Kraft des Wassers beynahe (wenn auch nicht ganz) eben so sehr durch eine Mischung von Eiderdunen geschwächt wird, als die wärmeleitende Kraft der Luft.

Im Verfolg meiner Versuche über die verschiedenen Substanzen, die man als warme Hüllen oder künstliche Kleidung, um die Wärme zurückzuhalten, braucht, fand ich, daß wenn die Dicke einer Luftschicht, die wie ein Damm für den Durchgang der Wärme anzusehen war, dieselbe blieb, so wird der Durchgang der Wärme bisweilen dadurch erschwert, daß man die leichten Substanzen vermehrte, welche man mit der Luft mischte, um ihre innern Bewegungen zu hemmen.

Nun wollte ich sehen, ob ähnliche Wirkungen durch dieselben Mittel beym Durchgang der Wärme durch Wasser hervorgebracht wurden. Daher wie-

der-

derholte ich die Versuche mit Eiderdunen, verminderte aber die Quantität, die ich mit dem Wasser vermischte, auf 48 Gr. od. auf $\frac{1}{4}$ der Quantität, die ich bey den Versuchen No. 11. und 12 anwendete.

	Zeit, in welcher die Wärme in das Thermometer eindrang.		
	Durch Wasser mit 48 Gran (oder $\frac{1}{10}$ der Wasser-Masse) Eider-dunen.	Durch Wasser mit 192 Gran (oder $\frac{4}{10}$ der Wasser-Masse) Eider-dunen.	Durch reines Wasser.
	Versuch No. 13.	Versuch No. 11.	Mittel von zwey Versuchen No. 5. u. No. 7.
	Secunden.	Secunden.	Secunden.
Beym Erhitzen des Thermometers von 32° bis auf 40°	51	83	45
von 40° bis auf 60°	47	55	$35\frac{1}{2}$
60° — 80°	39	49	$32\frac{1}{2}$
80° — 100°	40	52	30
100° — 120°	45	57	$36\frac{1}{2}$
120° — 140°	56	67	44
140° — 160°	74	93	$61\frac{1}{2}$
160° — 180°	118	133	$91\frac{1}{2}$
180° — 200°	293	360	$220\frac{1}{2}$
Total-Zeiten bey Erhitzung von 32° bis 200°	763	949	597
Zeiten, um das Instrument um 80° zu erhitzen, od. v. 80° bis 160°	215″	269″	172″

Zeit

	Zeit in welcher die Wärme das Thermometer wieder verließ.		
	Durch Wasser mit 48 Gran (oder $\frac{1}{10}$ der Wasser-Masse) Eider-dunen.	Durch Wasser mit 48 Gran (oder $\frac{1}{10}$ der Wasser-Masse) Eider-dunen.	Durch reines Wasser.
	Versuch No. 14.	Versuch No. 12.	Mittel von zwey Versuchen No. 6. No. 8.
	Secunden.	Secunden.	Secunden.
Beym Erkalten des Thermometers von 200° bis 180°	49	68	$11\frac{1}{2}$
von 180° bis 160°	50	61	$39\frac{1}{2}$
160° — 140°	56	72	43
140° — 120°	70	91	$52\frac{1}{2}$
120° — 100°	96	120	73
100° — 80°	151	177	$108\frac{1}{2}$
80° — 60°	262	279	202
60° — 40°	661	673	472
Total-Zeiten beym Erkalten von 200° bis 40°	1395	1541	1032
Zeit, um das Instrument um 80° abzukühlen z. E. von 160° bis 80°	573″	400″	277″

Die Resultate dieser Versuche sind äußerst merkwürdig. Sie machen uns nicht allein mit einem neuen und seltsamen Factum bekannt — nemlich

daß

daß Federn und andere ähnliche Substanzen, die in der Luft bekanntlich warme Bedeckungen, nemlich um die Wärme zurückzuhalten, bilden, das nemliche im Wasser nicht bloß thun — sondern daß ihre Wirkung, den Durchgang der Wärme zu verhindern, im Wasser sogar grösser ist als in der Luft.

Diese Entdeckung klärt, wenn ich mich nicht irre, einige der interessantesten Theile der Oekonomie der Natur auf, und erklärt befriedigender die Endursachen vieler Erscheinungen, die man bis jetzt noch wenig verstand.

Da das flüssige Wasser das Vehikel der Wärme, der Ernährung, und folglich des Lebens in jedem lebenden Körper ist, und da das Wasser, sich selbst überlassen, bey einem geringern Grade der Kälte, als der ist, welcher gewöhnlich in kalten Climaten statt findet, friert; so können wir, nach den Begriffen, die wir von der Weisheit des Schöpfers der Welt haben, annehmen, daß er Einrichtungen traf, eine hinlängliche Quantität Wasser in seinem flüssigen Zustande zu erhalten, um so das Leben während der kalten Jahreszeit zu sichern. Diese Vorkehrung finden wir wirklich bestätigt; denn sowohl Pflanzen als Thiere überleben die längsten und strengsten

Winter;

Winter; die Mittel aber, deren sich die Natur bedient, um diese wunderbaren Wirkungen hervorzubringen, hat man noch nicht aufgefunden; — wenigstens noch nicht so weit, als sie sich auch auf das Pflanzenreich erstrecken.

Da sich aber die Thierischen- und Pflanzen-Körper in vielen Rücksichten wesentlich von einander unterscheiden, so ist der Schluß sehr natürlich, daß die Mittel, die dazu dienen, um sie gegen schädliche Wirkungen, die durch das Frieren ihrer flüssigen Bestandtheile entstehen würden, zu schützen — sehr verschieden seyn müssen. Bey den organischen Körpern, die auf der Oberfläche der Erde leben, und dem Wechsel der Jahreszeiten ausgesetzt sind, finden wir, daß je größer bey ihnen das Verhältniß der flüssigen Theile zu den festen ist, destomehr brauchen sie Wärme zu ihrer Erhaltung und Fortkommen; und um desto weniger können sie eine große Veränderung ihrer Temperatur vertragen.

Das Verhältniß der flüssigen Theile zu den festen ist bey den Thieren viel grösser als bey den Pflanzen; erstere sind daher — um die große Quantität von Wärme zu erhalten, die zu ihrem Leben unumgänglich nothwendig ist — mit Lungen versehen,

sehen, und erhalten ihre Wärme durch einen ähnlichen Prozeß, wie die bey der Verbrennung entzündlicher Körper ist.

Unter den Pflanzen sind die saftvollsten nur einjährig. Da sie keine Lungen haben, die die große Masse der Flüssigkeiten, womit ihre langen dünnen Gefäße angefüllt sind, warm erhielten, so vegetiren sie nur so lange, als sie der volle Einfluß des Sonnenlichts erwärmt, und ihre schwachen Säfte belebt; sobald diese Unterstützung wegfällt, so verwelken sie, und sterben ab.

In kalten Ländern giebt es eine Menge zarter Pflanzen, die im Herbste absterben. Die Wurzeln bleiben aber den Winter hindurch frisch, und treiben im Frühlinge wieder neue Stengel. Bey diesen Pflanzen findet man immer, daß die Wurzeln dichter und kompakter als die Stengel sind, oder daß sie kleinere Gefäße, und weniger Flüssigkeit haben.

Bey den Bäumen findet man immer, daß diejenigen, die viel dünne wässerige Flüssigkeit enthalten, nicht nur im Herbste ihre Blätter fallen lassen, sondern auch in harten Wintern erfrieren und absterben. Viele tausend große Wallnuß-

bäume

bäume erfroren in der Pfalz im kalten Winter 1788; und es ist bekannt genug, daß wenige, ja fast keine einjährige Pflanze unsers gemäßigten Climas, in der kalten Zone ausdauern würde.

Die Bäume, welche in diesen rauhen unwirthbaren Climaten wachsen, und der Kälte der strengsten Winter widerstehen, enthalten wenig wässerichte Flüssigkeiten. Der Saft, welcher in ihren Gefäßen circulirt, ist dick, zähe und harzig, so daß man ihn kaum mehr flüssig nennen kann. — Sind das nicht die auffallendsten Beweise, um anzunehmen, daß diese Einrichtung ausdrücklich dazu dient, sie gegen die gänzliche Beraubung der Wärme zu schützen, damit sie nicht bey der strengen Winterkälte absterben?

Bey den vorher angeführten Versuchen sehen wir, wie sehr die Fortpflanzung der Wärme in einem Fluido, durch Verminderung seiner Flüssigkeit gehemmt wird; und wer weiß, ob dies nicht fortdaurend der Fall ist, so lange noch eine Flüssigkeit übrig bleibt?

Da die Stämme und Aeste der Bäume im Winter nicht mit Schnee bedeckt werden, der ihre Wurzeln doch gegen die kalte Atmosphäre schützt, so ist

es

es klar, daß aufferordentliche Maasregeln nöthig sind, um sie vor dem Erfrieren zu schützen.

Die Rinde aller der Bäume, die die Natur bestimmte, große Grade der Kälte auszuhalten, bildet für sie eine sehr warme Hülle; aber diese Vorsicht würde zu ihrem Schutze allein nicht hinlänglich seyn. Der Saft, wird in allen Bäumen, die einen anhaltenden Frost ertragen können, bey Annäherung des Winters dick und zähe. Welcher wichtigern Absicht könnte diese Veränderung wohl entsprechen, als der eben angeführten? — Und es wäre mehr als thöricht zu behaupten, daß diese Veränderung absichtslos sey.

Aus den Resultaten der obigen Versuche sehen wir, wie sehr die bloße Hemmung der innern Bewegung der Flüssigkeiten die Fortpflanzung der Wärme in ihnen aufhält, und folglich auch das Zurücktreten der Wärme aus ihnen heraus. Erwägen wir nun die erstaunende Kleinheit der Gefäße, in welchen der Saft in Vegetabilien, vorzüglich aber in großen Bäumen circulirt — erinnern wir uns, daß die Substanz, woraus diese feinen Röhrchen bestehen, als einer der besten Nichtleiter der Wärme *) bekannt ist;

*) Vor kurzem hatte ich durch Zufall Gelegenheit, einen auf-

ist; — setzen wir hierzu noch die Hemmungen des Durchgangs der Wärme, welche aus der vermehrten Klebrigkeit des Safts im Winter, und aus der beynahe undurchdringlichen Hülle, die die Rinde, um die Wärme zurückzuhalten, bildet, entstehen, — so werden wir nicht länger anstehn, eine Erläuterung über die Erhaltung der Bäume im Winter, ohngeachtet

auffallenden Beweis von der ausserordentlichen Schwierigkeit, womit die Wärme in das Holz dringt, zu beobachten. Ich war in München gerade in der Stückgiesserey, als man Kanonen goß. Hier bemerkte ich, daß der Stückgießer sich eines hölzernen Instrumentes zum Herumrühren des geschmolzenen Metalls bediente. Es war ein Stück eichenes Brett, 10 Zoll breit, 2 Zoll dick, mit einem langen hölzernen Griffe, der durch ein Loch in der Mitte des Brettes befestigt war. Da man dies Instrument oft brauchte, und es zuweilen eine beträchtliche Zeit in den Ofen ließ, worinne die Hitze doch äusserst heftig war, so erstaunte ich, daß das Instrument nicht verbrennt war; aber noch mehr staunte ich, da ich den Theil des Brettes untersuchte, der in das geschmolzene Metall getaucht wurde, und fand, daß die Hitze es so wenig durchdrungen hatte, daß in der Entfernung von $\frac{1}{20}$ Zoll unter seiner Oberfläche, das Holz nicht im geringsten angegriffen war. Die Farbe des Holzes war nemlich unverändert, und es schien sogar nicht einmal seine Feuchtigkeit verloren zu haben.

achtet der lang anhaltenden harten Fröste, denen sie jährlich ausgesetzt sind, geben zu können.

Verfolgen wir diese Grundsätze, so können wir eben so befriedigend, wie ich glaube, die Erhaltung mehrerer Arten von Früchten — wie z. E. Birnen und Aepfel erklären, die wie bekannt, einen ziemlichen Kälte Grad, ohne zu erfrieren aushalten, der ein eben so großes Volumen reines Wasser bald in eine feste Eismasse verwandeln würde. Die feste Schaale der Früchte verhindert nemlich die Verdunstung der flüssigen Theile, die, wie bekannt, ohne einen starken Verlust von Wärme nicht statt hat. Zu gleicher Zeit wird die innere Bewegung ihrer flüssigen Säfte, so sehr durch die dünnen Scheidewände der unendlich vielen kleinen Zellen, worin der Saft enthalten ist, zurückgehalten, daß die Mittheilung ihrer Wärme an die Luft nach unserer Hypothese, nur langsam und schwierig ist. Doch frieren diese Früchte endlich, wenn die Kälte sehr stark ist. Da müssen wir bedenken, daß diese Früchte beynahe ganz aus Flüssigkeiten bestehen, und zwar aus solchen, die durch die Kälte nicht zähe werden; ja was noch mehr ist, daß sie augenscheinlich nicht dazu bestimmt waren, lange Zeit einen sehr starken Frost auszuhalten.

Pastinaken und gelbe Rüben, nebst verschiedenen andern Arten von Wurzelgewächsen, halten die Kälte länger aus, als Aepfel und Birnen, weil sie weniger wässericht sind, und die Gefäße, worinne ihr Saft enthalten ist, wie ich glaube, kleiner sind. Diese beyden Umstände, erschweren nach meinen angenommenen Principien, bey ihnen den Austritt der Wärme, und verzögern folglich ihr Erfrieren.

Doch es ist noch ein anderer sehr merkwürdiger Umstand da, der, wenn anders unsere Muthmaßungen über die Art, wie sich die Wärme in den Flüssigkeiten fortpflanzt, wahr ist, eine sehr wichtige Rolle bey der Erhaltung der Wärme, — folglich auch des thierischen und vegetabilischen Lebens — in kalten Climaten spielt.

Da aber die Wahrscheinlichkeit aller dieser Folgerungen sehr auf der Gewißheit des großen Fundamental-Factums, auf welches sie gegründet sind, beruht; — nemlich auf der inneren Bewegung der Theile der Flüssigkeiten, die nothwendig bey ihrer Erkältung oder Erwärmung Statt haben muß — so werde ich mich bemühen, ehe ich diese Forschungen weiter verfolge, mehr Licht über diesen merkwürdigen und höchst wissenswerthen Gegenstand zu verbreiten.

II. Capitel.

Weitere Nachforschungen über die innern Bewegungen unter den Theilen der Flüssigkeiten, die nothwendig bey ihrer Erhitzung oder Abkühlung Statt haben. — Beschreibung einer mechanischen Vorrichtung, wodurch diese Bewegungen im Wasser sichtbar gemacht wurden. — Aufzählung mehrerer unterhaltender Versuche, die mit diesem neuerfundenen Instrument angestellt wurden. — Sie führen zu einer wichtigen Entdeckung. — Die Wärme kann sich in Flüssigkeiten so lange nicht niederwärts fortpflanzen, als diese sich durch die Kälte noch verdichten. — Eis schmilzt, nach Versuchen, achtmal langsamer wenn kochendes Wasser über seiner Oberfläche steht, als wenn man das Eis auf der Oberfläche des heissen Wassers schwimmen läßt. — Das Schmelzen des Eises durch Wasser welches auf seiner Oberfläche ruht kann erklärt werden, selbst bey der Voraussetzung, daß das Wasser ein vollkommner Nichtleiter der Wärme ist. — Nach der angenommenen Hypothese, soll Wasser nur bey 8 Grad nach Fahrenheit über dem Eispunkte, oder bey der Temperatur von 40 Grad in einer gegebenen Zeit eben so viel Eis, wenn es auf der Oberfläche

des

des Eises steht, schmelzen, als eine eben so große Quantität dicker Flüssigkeit, bey irgend einer höhern Temperatur, selbst bey der des kochenden Wassers. — Beweis dieses merkwürdigen Factums durch mannichfaltige entscheidende Versuche. — Wasser schmelzet bey der Temperatur von 41° mehr Eis, wenn es auf dessen Oberfläche steht, als selbst siedend-heißes Wasser. — Die Resultate aller dieser Versuche dienen zum Beweise daß das Wasser in der That ein vollkommener Nichtleiter der Wärme ist; oder daß die Wärme nur nach Maßgabe der Bewegungen, die es unter den abgesonderten und einzelnen Theilchen dieser Flüssigkeit bewirkt, und welche bey dieser Operation keine Gemeinschaft unter sich haben, fortgepflanzt wird. — Die Entdeckung dieser Thatsache enthüllt uns eine der herrlichsten und merkwürdigsten Scenen der Haushaltungskunst der Natur.

Da die Theilchen des Wassers, so wie aller andern Flüssigkeiten, zu unendlich klein sind, um durch das menschliche Auge wahrgenommen zu werden, so müssen folglich auch ihre Bewegungen für uns unbemerkbar bleiben; demohngeachtet können wir oft mit der äussersten Gewißheit Bewegungen unsichtbarer Flüssigkeiten, nach den Bewegungen, die sie auf sichtbare Körper bewirken, beurtheilen.

Die

Die Luft ist eine unsichtbare Flüssigkeit, und doch bemerken wir genau ihre Bewegungen durch den Staub, und durch andere leichte Körper, die durch ihre Bewegung mit fortgerissen werden. Niemand der nur je bey trocknem Wetter einen Wirbelwind über ein gepflügtes Feld streichen sahe, wird da an der Existenz der Bewegungen in der Luft zweifeln; obgleich die Ursachen davon sehr verwickelt sind, und schwer auseinanderzusetzen seyn möchten.

Die Bewegungen von den feinen Staubtheilchen, die sich von ohngefähr mit dem Weingeiste in meinem großen Thermometer gemischt hatten, und die durch die darauf fallenden Sonnenstrahlen sichtbar wurden, waren es, die mir zuerst die innern Bewegungen des Weingeistes, die bey seiner Abkühlung statt haben, entdeckten. Diesen vortreflichen Wink benutzte ich, und suchte nun auf gleiche Weise die innern Bewegungen des Wassers sichtbar zu machen. Dieses ließ sich, wie ich sogleich sahe, sehr leicht ausführen, sobald ich nur einen festen Körper fände, der dieselbe specifische Schwere wie das Wasser hätte, und sich darin mischen ließe; — d. heißt, ohne sich darin aufzulösen, oder ohne sich in so kleine Theilchen zu zertheilen, die dann selbst unsichtbar wurden; aber es fand sich kein solcher Körper. Beym weitern Nachdenken fand ich, daß es eigentlich sehr gut ist,

daß solche Substanzen sich nicht häufig finden; denn sonst würde es sehr schwierig seyn, gutes reines Wasser zu bekommen.

Da ich nun durchaus keine schickliche dichte Substanz, die dieselbe specifische Schwere wie reines Wasser hatte, zu meinem Vorhaben fand, so mußte ich zu folgenden Kunstgriffe meine Zuflucht nehmen. Ich durchsah nemlich die Tabellen über die specifischen Gewichte und fand, daß das specifische Gewicht des gelben durchsichtigen Bernsteins um sehr wenig größer ist, als das specifische Gewicht des Wassers, indem es sich wie 1,078 zu 1000 verhält. Zugleich fiel mir ein, daß ich durch die Auflösung einer gewissen Menge von reinen alkalischen Salze die specifische Schwere des Wassers vermehren, oder sie vielmehr der des Bernsteins vollkommen gleich machen könnte, ohne der Durchsichtigkeit der Flüssigkeit zu schaden, oder ohne irgend eine ihrer Eigenschaften zu verändern, wodurch die Art, wie sie die Wärme aufnimmt und weiter fortführt, merklich geändert werden könnte.

Dieser Plan wurde auf folgende Art, mit vollkommnen Erfolge ausgeführt. Ich versahe mich mit mehrern Glaskugeln von verschiedener Größe,

mit

mit langen cylindrischen Hälsen; hievon wählte ich eine, die ohngefähr zwey Zoll im Durchmesser hatte, mit einem cylindrischen Halse $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser, und 12 Zoll lang. In diese schüttete ich einen halben Theelöffel voll gelben grob gestoßenen Bernstein (die Stückchen, die ungleich in ihren Formen, und durchsichtig waren, hatten ohngefähr die Größe von Senfkörnern) und goß destillirtes Wasser darüber, welches die Temperatur meiner Stubenluft hatte, d. h. gegen 60° Fahrenheit.

Ich fand, wie ich erwartete, daß der Bernstein auf dem Boden der Kugel liegen blieb. Deswegen setzte ich nun zum Wasser so viel von einer gesättigten Auflösung von reinem Pflanzenalcali, als nöthig war, um das specifische Gewicht des Wassers so zu erhöhen, daß die Bernsteinstückchen zu schwimmen anfiengen, und so wie man bemerken konnte, ohne Bewegung in dem Theile der Flüssigkeit stehen blieben, wohin sie zuerst durch ihr Erheben vom Boden versetzt wurden.

Da der Glas-Körper noch nicht genug gefüllt war, wie ich wünschte, so setzte ich so lange noch verhältnißmäßige Theile vom Wasser und der alkalischen Auflösung hinzu, bis die Kugel ganz, und

eben so auch die cylindrische Röhre bis auf 3 Zoll gefüllt war; dann verstopfte ich sie mit einem guten Korke.

Jetzt schüttelte ich die Flüssigkeit im Glaskörper gut durch einander, setzte ihn, so daß die cylindrische Röhre vertical stand, auf ein hölzernes Fußgestelle, und ließ es so stille stehen, um zu beobachten, wie lange sich die festen Theilchen des Bernsteins (die in der Flüssigkeit ganz gleich vertheilt zu seyn schienen) — schwebend erhalten würden.

Im Anfang schien der größte Theil der Bernstein-Partikeln gar keine Neigung weder zum Steigen noch zum Sinken zu haben, doch bald fiengen einige an ganz langsam aufwärts zu steigen, unterdessen daß andere eben so langsam zu Boden sich senkten. Da sich diese Theilchen zu gleicher Zeit nach allen Seiten der Flüssigkeit durch einander bewegten, ja zugleich in den verschiedenen Richtungen, so strichen die steigenden und herabsinkenden Theilchen oft so nahe an einander vorbey, daß sie sich beynahe berührten. Doch sahe ich daß diese Bewegungen ganz unabhängig von der innern Bewegung der Flüssigkeit waren, und bloß von den verschiedenen specifischen Schweren der Bernstein-Theilchen gegen

die

die des Wassers herrührten. Einige von diesen Bernsteinstückchen, die offenbar schwerer waren, als die Flüssigkeit, sanken nieder, unterdessen daß die leichtern nach oben zu stiegen.

Da ich nun fand, daß die specifische Schwere der Bernstein-Theilchen so verschieden war, so streute ich noch mehr davon in die Flüssigkeit, schüttelte sie durch einander, und ließ sie dann ruhig stehen. Jetzt nahm ich ganz sauber die Theilchen hinweg, die auf der Oberfläche schwammen, und ließ nur diejenigen Theilchen in der Flüssigkeit, die sich zu Boden gesetzt hatten. Nun vermehrte ich das specifische Gewicht der Flüssigkeit, indem ich so lange von der alkalischen Auflösung hinzutröpfelte, bis die kleinen Bernsteinstückchen, die auf dem Boden saßen, gerade auch gehoben wurden und in den verschiedenen Theilen der Flüssigkeit sich so schwebend erhielten, daß es schien, als hätten sie da ihren Ruhepunkt gefunden.

Jetzt hatte ich nun ein Instrument, das mir zu den interessanten Versuchen, die ich entworfen hatte, gut berechnet schien, und ich verlohr, wie man leicht denken kann, keine Zeit um Gebrauch davon zu machen.

Der erste Versuch, den ich mit diesem Instrumente unternahm, war, daß ich es in ein großes gläsernes, beynahe ganz mit kochendem Wasser angefülltes Gefäß tauchte. Das Resultat fiel aus, wie ich es erwartete. Zwey Ströme, nach entgegengesetzten Richtungen, fiengen zu gleicher Zeit an sich in der Flüssigkeit der cylindrischen Röhre mit großer Geschwindigkeit zu bewegen, indem der aufsteigende Strom die Seitenwände der Röhre, der herabsteigende aber ihre Achse einnahm.

So wie die salzige Flüssigkeit warm wurde, so verminderte sich stufenweise die Geschwindigkeit dieser Ströme, und zuletzt, da die Flüssigkeit die Temperatur von dem Wasser in dem großen gläsernen Gefäße angenommen hatte, so hörten die Bewegungen ganz auf. Da ich aber die Glaskugel aus dem heißen Wasser herausnahm, so fingen die innern Bewegungen der Flüssigkeit von neuem an; aber die Ströme hatten ihre Richtungen geändert, denn derjenige der vorher die Achse der Röhre einnahm, war jetzt der aufsteigende Strom. Neigte ich die cylindrische Röhre, anstatt sie in der verticalen Richtung zu lassen, ein wenig, so nahm der aufsteigende Strom die Seite ein, die gerade die oberste war, unterdessen der Strom der mit gleicher Geschwindigkeit sich nach unten bewegte, die unterste Seite einnahm.

So wie die Flüssigkeit in der Glaskugel die Temperatur der Stubenluft bekam, so hörten die Bewegungen auf, allein sie fiengen sogleich wieder an so wie man das Instrument einer veränderten Temperatur unterwarf.

In allen den Fällen, wo das Instrument Wärme empfieng, bewegte sich der Strom in der Achse seiner cylindrischen Röhre wenn es in einer verticalen Richtung stand, (und der Strom der die obere Seite einnahm, wenn das Instrument schief gehalten wurde) niederwärts. — Wenn es die Wärme gehen ließ, so zeigten sich die Bewegungen nach der entgegengesetzten Richtung; das heißt, aufwärts.

Eine Veränderung der Temperatur von wenigen Graden nach Fahrenheit, war schon hinreichend, die Flüssigkeit im Instrumente in Bewegung zu setzen; und die Bewegung war mehr oder minder heftig, je nachdem die Geschwindigkeit womit das Instrument die Wärme aufnahm oder entließ größer oder geringer war, und die Bewegung war in den Theilen des Instrumentes sehr heftig, wo die Mittheilung nicht so schnell statt hatte.

Eine theilweise Bewegung konnte man zu jeder Zeit in irgend einem Theile des Instrumentes dadurch hervorbringen, daß man an diesen Theil einen Körper, der heißer oder kälter als das Instrument wäre, anlegte. War der darangebrachte Körper heißer als das Instrument, so war die Bewegung des Theils der salzigen Flüssigkeit, die unmittelbar in Berührung mit dem heißen Körper war, aufwärts — mit dem kältern aber, niederwärts; und so wie ein warmer oder kalter Körper einen auf- oder niedersteigenden Strom bewirkte, so verursachte dieser Strom unmittelbar einen andern in einem andern Theil der Flüssigkeit, der in einer entgegengesetzten Richtung strömte.

Neigte man die cylindrische Röhre des Instruments bis zu einem Winkel von ohngefähr 45 Graden gegen den Horizont, und hielt dann in ihre Mitte eine Lichtflamme, deren Spitze 3 oder 4 Zoll davon entfernt war, so wurde die Bewegung der Flüssigkeit in dem obern Theil der Röhre ganz erstaunend heftig, unterdessen daß die Flüssigkeit in dem untern Ende der Röhre, wo sie sich mit der Kugel vereinigte, so wie in dieser selbst, ganz ruhig blieb.

Ja ich fand sogar, daß ich die Flüssigkeit in dem obern Theile der Röhre wirklich zum Sieden

bringen

bringen konnte, ohne daß der untere Theil der Röhre nach dem Gefühle der Hand merklich erwärmt zu seyn schien. Aber, richtete ich die Lichtflamme gegen den untern Theil der Röhre, so wurde der ganze obere Theil, der in Berührung mit der Flüssigkeit war, besonders aber die Seite, die die oberste war, wenn die Röhre in einer schiefen Richtung lag, wo der aufsteigende Strom sehr heftig war, — sehr bald sehr erhitzt.

Die Bewegungen der Flüssigkeit in der Röhre nach entgegengesetzten Richtungen waren außerordentlich heftig bey diesem schnellen Gebrauche einer großen Hitze und gewährten einen sehr unterhaltenden Anblick: aber für den wissenschaftlichen Beobachter waren sie noch weit mehr, als bloß unterhaltend. Sie enthüllten die thätige Natur, so wie sie war in einer ihrer verborgensten Operationen, und machten mitten in einem Medium Bewegungen sichtbar, welche man zuvor noch nie sahe, und die man wahrscheinlich selbst noch nie darin vermuthete.

Muthig gemacht durch diesen Erfolg, und bestättigt in meinen Meinungen über das merkwürdige Factum, dessen Untersuchung ich unternommen hatte, schritt ich nun voller Vertrauen zu direktern und entscheidendern Versuchen.

Es ist, wie ich glaube, eine allgemein angenommene Meinung unter den Physikern, daß Wasser in Berührung mit Eise nicht erwärmt werden könne: da ich über diesen Gegenstand nachdachte, so fand ich sogleich, daß entweder diese Meinung falsch seyn müsse, oder alle meine Ideen über die Art, wie sich die Wärme in dieser Flüssigkeit fortpflanzt, es wären. Ich bemerkte daß so lange Eis auf der Oberfläche von Wasser schwimmt, welches man über Feuer (oder auf eine andere Art) erwärmt, so muß das eiskalte Wasser, welches aus dem schmelzenden Eise kömmt, meiner eignen Hypothese gemäß, niedersinken, sich auf dem Boden des Kessels ausbreiten, und ehe es noch Zeit hat, sehr erwärmt zu werden, muß es von neuem dem andern eiskalten Wasser weichen, welches, so lange noch Eis da ist, in einem ununterbrochenen Strome fortfährt, niederzusinken; so kann denn die Wassermasse nicht sehr erwärmt werden. Aber vorausgesetzt, daß Wasser, nach der gemeinen Annahme dieses Ausdrucks, kein Leiter der Wärme ist, oder daß die Wärme in diese Flüssigkeit nicht hineindringen kann, ausgenommen wenn es durch seine Theilchen weiter geführt wird, welche sie — indem sie durch die Veränderung, die die Wärme in ihrem specifischen Gewichte verursacht, in Bewegung gesetzt werden — von Platz zu Platze weiter geben;

so

so erhellet nicht, wie Eis — (welches man, anstatt es auf der Oberfläche von Wasser schwimmen zu lassen, auf den Boden des Gefäßes, oder in einer andern gegebenen Entfernung unter seiner Oberfläche befestigte) — auf irgend eine Art, die Temperatur des darüber ruhenden Wassers verändern oder verhindern könnte, daß es Wärme von andern Körpern annehme.

Wäre Wasser ein Leiter der Wärme, so ist kein Zweifel, daß der Einfluß des daseyenden Eises sich in dem Wasser nach allen Richtungen fortpflanzen würde.

Die Metalle sind alle Leiter der Wärme, und Professor Pictet fand durch einen sinnreichen und entscheidenden Versuch *), daß in einer kupfernen Stange 33 Zoll lang, senkrecht aufgerichtet, die Wärme eben so gut niederwärts als aufwärts gieng und fast mit derselben Leichtigkeit in diesen beyden Richtungen; und wenn nun daher gezeigt werden kann, daß die Wärme im Wasser nicht niedersteigt, so wird dieses, wie ich glaube, allein schon hinlänglich seyn zu beweisen, daß Wasser kein Leiter der Wärme ist.

Wenn

*) Essais de Physique. Tom. I. Genêve. 1790.

Wenn wir streng über die Natur der Flüssigkeit nachdenken, so scheint es, wir können einige schwache Lichtpunkte wahrnehmen, die uns auf die Vermuthung führen könnten, daß die Ursache, und ich kann sagen das eigentliche Wesen der Flüssigkeit in der Eigenschaft besteht, die die Theilchen der Körper, wenn sie flüssig werden, erhalten, wodurch aller fernerer Zwischenwechsel oder Mittheilung der Wärme unter ihnen verhindert wird. Ob dieses nun gleich seyn kann, so kann man doch das Resultat nachfolgender Versuche gewiß als ein solches betrachten, welches einem wichtigen Factum über die Art, wie sich die Wärme im Wasser fortpflanzt, unbezweifelte Gewißheit giebt.

Versuch No. 15.

In ein cylindrisches gläsernes Gefäß 4,7 Zoll im Durchmesser und 14 Zoll hoch, paßte ich ein rundes Stück Eis, beynahe so breit als der innere Durchmesser des Gefäßes, $3\frac{1}{2}$ Zoll dick, und $10\frac{1}{5}$ Unzen schwer. Als ich diesen Eiskuchen fertig hatte, so goß ich 6 lb. $1\frac{1}{4}$ Unze (Apotheker Gewicht) kochendes Wasser in das Gefäß, und da ich das Eis behutsam hineinthat, so fand ich daß es in 2 Min. 58 Secunden vollkommen geschmolzen war.

Da ich durch diesen Versuch die Zeit fand, binnen welcher das Eis auf der Oberfläche des heissen Wassers schmolz, so suchte ich nun auszufinden, ob es nicht längere Zeit brauchte, um es auf dem Boden des Gefäßes zu schmelzen.

Versuch No. 16.

In das nemliche Gefäß, welches ich beym vorhergehenden Versuch brauchte, that ich wieder einen Eiskuchen von derselben Form und demselben Maße wie der oben beschriebene. Aber anstatt daß ich ihn auf der Oberfläche des heissen Wassers schwimmen ließe, so befestigte ich ihn auf dem Boden des Gefäßes, und goß das Wasser dann darauf.

Dieser Eiskuchen wurde auf den Boden durch zwey ~~schwache~~ elastische Stückchen Tannenholz befestigt ($\frac{1}{8}$ Zoll stark, und $\frac{1}{4}$ Z. breit), die ein wenig länger als der innere Durchmesser des Gefäßes waren, und sich folglich ein wenig bogen, so wie ich sie in eine horizontale Lage in das Gefäß paßte. Da ich sie in rechten Winkeln über das Eis spannte, so dienten sie zum Festhalten desselben, und verhinderten, daß es nicht nach oben stieg, da das Wasser darüber gegossen wurde.

Um das Eis zu schützen wenn das heiße Wasser in das Gefäß gegossen wurde, so bedeckte ich seine Oberfläche mit einem zirkelrunden Stück von starkem Schreibpapier, welches dann so behutsam als möglich durch einen Faden, der daran befestigt war, weggezogen wurde; ferner um zu verhüten, daß das Glasgefäß durch das schnell hineingegossene heiße Wasser nicht springen möchte, goß ich erst ein wenig kaltes Wasser in das Gefäß, — gerade so viel, um die Zwischenräume zwischen dem Glase und dem Eise auszufüllen, und das Eis bis auf die Höhe von $\frac{1}{4}$ Zoll zu bedecken; da ich nun das heisse Wasser aus einem großen Theekessel, worinne es gekocht wurde, in das Gefäß goß, so richtete ich sorgfältig den Stral gerade gegen die Mitte des zirkelrunden Papiers, welches das Eis bedeckte.

Das Gefäß mit dem Eise und dem heißen Wasser setzte ich auf einen Tisch nahe bey dem Fenster, zog ganz behutsam das Papier von der Oberfläche des Eises weg, und schickte mich nun an, das Resultat dieses äusserst merkwürdigen Versuchs genau zu beobachten.

Wenige Augenblicke waren hinreichend, um mir zu zeigen, daß meine Erwartung nicht getäuscht

werden

werden würde. Bey dem vorigen Versuche zerschmolz ein ähnlicher Eiskuchen in nicht ganz 3 Minuten; allein hier bey diesem Versuche war schon mehr als die doppelte Zeit verstrichen, und noch zeigte sich bey dem Eise nicht einmal ein Anfang zum Zerschmelzen. Die Oberfläche blieb glatt und glänzend, und das Wasser unmittelbar in Berührung damit schien vollkommen ruhig, obgleich die inneren Bewegungen des heissen Wassers darum herum, welches seinen Wärmestoff an das Glas und in die Luft absetzte, sehr heftig waren; so wie ich solches aus einigen erdigen Theilen und andern Unreinlichkeiten die das Wasser zufällig enthielt, genau sehen konnte.

Ich untersuchte das Eis mit einem sehr guten Linsenglase, aber es dauerte lange Zeit ehe ich ein Zeichen des Schmelzens bemerkte. Die Kanten des Eiskuchens blieben scharf, und die kleinen Staubtheilchen, welche nach und nach niederfielen (so wie das Wasser kälter wurde) blieben ohne Bewegung liegen, sobald sie die Oberfläche des Eises erreicht hatten.

Da das Wasser in einem Theekessel aus der Küche gebracht wurde, so war es nicht ganz kochend heiß, als es in das Gefäß gegossen wurde. Wie

es eine Minute in dem Gefäße gestanden hatte, so tauchte ich einen Thermometer hinein, und fand die Temperatur bey 180 Grad.

Nach Verlauf von 12 Minuten, war die Temperatur des Wassers in der Tiefe von 1 Zoll unter der Oberfläche 170°. In der Tiefe von 7 Zoll, oder ein Zoll über der Oberfläche des Eises war sie 169½°, während daß die Temperatur nur ¾ Zoll tiefer, oder ¼ Zoll über der Oberfläche des Eises die Temperatur 40° betrug.

Nach Verlauf von 20 Minuten, betrug die Temperatur des Wassers in verschiedenen Tiefen wie folgt:

Unmittelbar über der Oberfläche des Eises	40°
In der Entfernung von ½ Zoll darüber	46°
Bey 1 Zoll darüber . . .	130°
Bey 3 Zollen	159°
Bey 7 Zoll	160°

Nach 35 Minuten betrug die Temperatur wie folgt:

Auf der Oberfläche des Eises .	40°
½ Zoll darüber	76°
1 Zoll —	110°

2 Zoll

2 Zoll darüber	. . . .	144°
3 Zoll —	. . . .	148°
5 Zoll —	. . . .	148½°
7 Zoll —	. . . .	149°

Nach Verlauf einer Stunde betrug die Temperatur wie folgt:

Auf der Oberfläche des Eises	. .	40°
1 Zoll darüber	. . . .	80°
2 Zoll —	. . . . .	118°
3 Zoll —	. . . . .	128°
4 Zoll —	. . . . .	130°
7 Zoll —	. . . . .	131°

Nach Verlauf 1 Stunde 15 Minuten betrug die Temperatur wie folgt:

Auf der Oberfläche des Eises	. .	40°
1 Zoll darüber	. . . .	82°
2 Zoll —	. . . . .	106°
3 Zoll —	. . . . .	123°

Bis hieher beobachtete man die Wärme des Wassers gegen die Seiten des Gefäßes zu: — in den 2 folgenden Versuchen wurde sie in der Mitte oder der Achse des Gefäßes gemessen.

Nach Verlauf von 1 Stunde und 30 Minuten (immer von der Zeit an gerechnet, da das siedend-

heiße Wasser in das Gefäß gegossen wurde, fand man die Temperatur des Wassers in der Mitte des Gefäßes wie folgt:

Auf der Oberfläche des Eises . .	40°
1 Zoll darüber	84°
2 Zoll —	115°
3 Zoll —	116°
7 Zoll —	117°

Nach 2 Stünden, war die Temperatur in der Mitte des Gefäßes wie folgt:

Auf der Oberfläche des Eises . .	40°
1 Zoll darüber	76°
2 Zoll —	94°
3 Zoll —	106°
4 Zoll —	108°
6 Zoll —	$108\frac{1}{4}$°
7 Zoll —	$108\frac{1}{2}$°

Um den Versuch nun zu endigen wurde das heiße Wasser von dem Eise herunter gegossen, und da ich den Rückstand wog, so fand ich, daß 5 Unz. 6 Gran Apoth. Gewicht (= 2406 Gran) Eis geschmolzen waren.

Nehm ich das Mittel der Temperatur des Wassers am Ende des Versuchs zu 106° an, so

scheint

scheint es, daß sich die Masse des heißen Wassers (das $73\frac{1}{4}$ Unz. wog) während des Versuchs um 78 Grad abkühlte, oder von 184° bis auf 106°. Da nun bekannt ist, daß eine Unze Eis um in Wasser umgeändert zu werden gerade so viel Wärme absorbirt, als eine Unze Wasser Wärme verliehrt, um 140 Grad abgekühlt zu werden, so ist klar, daß eine Unze Wasser, die 78 Grad abgekühlt wird, so viel Wärme abgiebt, als hinreichend wäre $\frac{78}{140}$ einer Unze Eis zu schmelzen; folglich gaben die $73\frac{1}{4}$ Unze heisses Wasser, die bey diesem Versuche um 78 Grad abgekühlt wurden, so viel Wärme ab, als hinreichend gewesen wäre, $\frac{73\frac{1}{4} \times 78}{140} = 40\frac{8}{10}$ Unz. Eis zu schmelzen.

Aber die Quantität Eis, welches wirklich geschmolzen war, betrug nur 5 Unzen; hieraus erhellet daß nicht ganz $\frac{1}{8}$ Theil der Wärme die das Wasser verlohr, sich dem Eise mittheilte, und daß der Rest von der Luft weggetragen wurde.

Da bey diesem Versuche dieselbe Quantität heisses Wasser gebraucht wurde, wie zu dem No. 15., der unmittelbar vorhergieng, und das Wasser in dasselbe oben beschriebene Glasgefäß gethan wurde,

so folgt hieraus, daß Eis auf dem Boden von siedend-heissem Wasser um mehr als achtmal langsamer schmilzt, als wenn man es auf der Oberfläche des Wassers herumschwimmen läßt: denn da bey dem Versuche No. 15. $10\frac{1}{8}$ Unzen Eis in 2 Minuten 58 Secunden schmolzen, so hätten 5 Unzen zum wenigsten in 1 Min. 29 Secunden schmelzen müssen; allein bey dem Versuche No. 16. gehörten 2 Stunden oder 120 Minuten dazu, um 5 Unzen zu zerschmelzen.

Allein das Eis war auf dem Boden des heissen Wassers, obgleich sehr langsam doch geschmolzen, und dieser Umstand allein würde schon zureichend gewesen seyn, meine Hypothese über die Art wie sich Wärme in Flüssigkeiten fortpflanzt umzuwerfen, hätte ich nicht Mittel gefunden dieses Factum (ohne meine vorigen Meinungen aufzugeben) auf eine befriedigende Art darzustellen.

Ohngefähr $\frac{1}{2}$ Stunde nachher, als das heiße Wasser bey dem letzten Versuche in das Gefäß gegossen worden war, entdeckte ich bey der Untersuchung der Oberfläche des Eises eine Erscheinung, welche meine Aufmerksamkeit und Wißbegierde sehr reitzte. Ich bemerkte nemlich, daß das Eis auf seiner Oberfläche

schmolz

schmolz und sich verringerte; ausgenommen nur da nicht, wo es durch die flachen Tannen-Späne, die das Eis auf dem Boden festhielten, bedeckt oder beschattet wurde.

Wäre das Eis vom Zerschmelzen nur durch das Stück Holz gehindert worden, welches, als das unterste, unmittelbar auf der Oberfläche des Eises ruhte, so hätte mich dieses vielleicht nicht sehr überrascht; aber da der Theil der Eis-Oberfläche, der unmittelbar unter dem andern Holzspane lag (welcher, da er kreutzweise über dem untersten Spane lag, und auf ihm ruhete, das Eis bloß an seinen beyden Enden berührte) eben so dadurch geschützt worden war, so erregte dieser Umstand meine ganze Aufmerksamkeit, ob ich gleich im Anfange nicht einsahe wie es geschehen konnte. Ich supponirte bloß, daß das Eis durch die wärmeenthaltenden Strahlen, die das heiße Wasser ausgehen ließ, geschmolzen sey; folglich hätten so die Theile des Eises, die durch die Holzspäne beschattet wurden, keine dieser Strahlen erhalten, wodurch sie zerschmolzen wären.

Diese Erscheinungen hatten mich so überrascht, daß ich sogleich nachfolgenden Versuch unternahm, bloß zur Aufklärung der Sache.

Versuch No. 17.

In ein cylindrisches Glasgefäß, $6\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, und 8 Zoll hoch, that ich einen runden Eiskuchen, so breit, daß er eben in das Gefäß paßte, und gegen $3\frac{1}{2}$ Zoll dick. Auf die ebene Oberfläche des Eises legte ich eine runde Platte von Zinn, so dünn als ich sie bekommen konnte, gegen $6\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, oder so breit, daß sie gerade das Eis bedeckte. Diese Zinnplatte (die, um sie ganz eben zu erhalten, durch einen Drath, der um ihren Umkreis lief, gedeckt wurde) hatte in der Mitte ein zirkelrundes Loch, 2 Zoll im Durchmesser, und wurde durch mehrere dünne hölzerne Keilchen, die zwischen ihrem Umkreise und den Seitenwänden des Glases steckten, auf die obere Fläche des Eiskuchens genau befestigt.

Jetzt wurde eine zweyte runde Zinnplatte, mit einem 2 Zoll großen Loch in ihrem Durchmesser, und übrigens so wie die eben beschriebene, über die erstere, in der Entfernung von 1 Zoll gebracht, und wie die erstere an ihrem Platze durch hölzerne Keilchen befestigt.

Als diese durchlöcherten runden Scheiben befestigt waren, so wurde das Gefäß in ein Zimmer gesetzt, wo Fahrenheit's Thermometer auf 34 Grad

stand.

stand. Eiskaltes Wasser wurde so lange hineingegossen, bis es eben die obere Platte bedeckte; dann wurde das Gefäß bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll von seinem Rande mit heißem Wasser gefüllt, mit einem Bretchen bedeckt, und 2 Stunden ganz ruhig stehen gelassen.

Nach Verlauf dieser Zeit, wurde das Wasser, das noch warm war, abgegossen, und das Eis, nachdem die runde Platte weggenommen worden war, untersucht.

Eine runde Aushölung, gerade so groß als das Loch in der Zinnplatte, die das Eis wie obgedacht bedeckte, 2 Zoll im Durchmesser, und damit correspondirend — scharf begränzt, und gegen $\frac{2}{10}$ Zoll tief in der Mitte, befand sich im Eise. Dieses war was ich erwartete; aber ich fand noch etwas, was ich nicht erwartete, und was ich mir im Anfange gar nicht erklären konnte. Die ganze Oberfläche des Eises, welche durch die Zinnplatte bedeckt wurde, war vollkommen glatt und glänzend, und zeigte keine Spur von Schmelzung oder Verminderung, ausgenommen an einer Stelle, wo ein Canal, gegen 1 Zoll breit, und etwas tiefer als $\frac{2}{10}$ Zoll, der offenbar durch eine Strömung des warmen Wassers gebildet zu seyn schien, von der eben erwähnten Aushöhlung

höhlung in der Mitte des obern Theiles des Eiskuchens an, nach dem Rande desselben lief. Da die Schärfe, oder die vertikale Seite des Eiskuchens, worüber der Strom lief, offenbar weggeschmolzen war, so konnte über seine Richtung gar kein Zweifel mehr seyn. Er kam zuerst gewiß aus der runden Aushöhlung in der Mitte des Eises, ob es nun gleich beym ersten Blicke schwer scheinen möchte, zu erklären, und zu zeigen, wie das warme Wasser an diese Stelle kommen konnte, so war es doch ganz augenscheinlich, daß die unmittelbare Ursache der Bewegung dieses Wasserstroms keine andere seyn konnte, als daß seine specifische Schwere, grösser war, als die des übrigen Wassers in der nemlichen Tiefe. Daß diese größere specifische Schwere nun zu gleicher Zeit mit einem höhern Grade von Wärme verbunden war, zeigt der tiefe Canal, welchen der Strom in das Eis gegraben hatte, während daß die andern Theile der Eis-Oberfläche, in derselben Höhe, von dem Wasser, welches darauf stand, nicht geschmolzen worden waren. Um diesen Umstand näher aufzuklären, machte ich folgenden Versuch.

Versuch No. 18.

Da ich es für wahrscheinlich hielt, daß, in dem Fall, daß die runde Aushöhlung in dem Eise,

die

die dem runden Loche in den beyden über einander befestigten Zinnplatten entsprach, durch die strahlende Hitze (wie man sie ganz uneigentlich nannte) oder durch die wärmeenthaltenden Strahlen des warmen Wassers entstanden wäre; so müßten in diesem Falle einige dieser Strahlen, die aufwärts nach der Luft zu gehen wollten, wahrscheinlich niederwärts auf die Oberfläche des Wassers reflectirt worden seyn. Nun glaubte ich, wenn ich verhindern könnte, daß dieser Theil der Strahlen das Eis erreichte, — welches ich dadurch versuchte, daß ich einen leichten schwarzen Körper (ein rundes tannenes Bretchen mit schwarzen Taft überzogen) auf der Oberfläche des Wassers schwimmen ließ — so würde ihre Kraft, das Eis zu schmelzen, vielleicht sehr vermindert werden. Würde dieses wirklich der Fall seyn, so würde dieses auf die sichere Vermuthung geführt haben, daß diese Strahlen in der That die Ursachen der oben erwähnten Erscheinung gewesen wären; allein ob ich gleich den Versuch mit der äussersten Sorgfalt unternahm, so bemerkte ich doch nicht, daß das Bedecken der Oberfläche des heißen Wassers mit einem schwarzen Körper, nur den geringsten Unterschied von dem Versuche No. 17. bewirkte.

Nach

Nach einigem Nachdenken über diesen Gegenstand, kam ich darauf, daß man das Schmelzen des Eises auf seiner Oberfläche auf eine Art erklären könnte, die mir vollkommen befriedigend zu seyn schien; und ohne seine Zuflucht dazu zu nehmen, daß das Wasser ein Leiter der Wärme, oder daß die erwähnte Erscheinung durch wärmende Strahlen hervorgebracht worden sey.

Ob nun gleich eins der allgemeinsten Naturgesetze ist, daß alle Körper, feste sowohl als flüssige, durch die Kälte verdichtet werden, so scheint dieses Gesetz doch, in Ansehung des Wassers, eine merkwürdige Ausnahme zu leiden. Wasser, (so wie alle andern bekannten Körper) wird wirklich durch die Kälte bey jedem Grade der Temperatur, der beträchtlich höher ist als der des Gefrierpunktes, verdichtet, aber seine Verdichtung, durch den Abgang seiner Wärme, geht nicht so fort, bis es zu Eis umgeändert ist; sondern wenn es bis auf 40° Fahrenheit oder 8 Grad über den Gefrierpunkt erkaltet ist, so hört seine Verdichtung auf. Geht die Erkaltung noch fort, so dehnt es sich nun wirklich aus, so wie es nun Grad vor Grad weiter abgekühlt wird, bis es zuletzt friert; und im Augenblicke der Erstarrung, ja selbst nachdem es

fest

fest geworden ist, dehnt es sich noch ferner aus, so wie es kälter wird. Diese Erscheinungen die De Luc in seiner treflichen Schrift über die Veränderungen in der Atmosphäre bemerkt, hat seitdem Sir Charles Blagden weiter verfolgt, und außer allen Zweifel gesetzt. (m. s. Philosoph. Transactions Vol. 78.)

Da nun Wasser in Berührung mit schmelzendem Eise immer die Temperatur von 32° hat, so ist klar, daß das Wasser in dieser Temperatur specifisch leichter seyn muß, als Wasser, welches um 8 Grad wärmer, oder unter der Temperatur von 40° ist; folglich muß, wenn zwey Theile Wasser von diesen zwey verschiedenen Temperaturen in dem nemlichen Gefäß enthalten sind, die kältere und leichtere natürlich der wärmern und schwerern Platz machen, und so sinken Strömungen des wärmern Wassers in den kältern Theil nieder.

Da bey den zwey letzten Versuchen, die runde Zinnplatte die die Oberfläche des Eises bedeckte, die dünne Wasserschicht, die sich zwischen der Zinnplatte und dem Eise befand, einschloß; da dieses Wasser durch die Platte verhindert, nicht aufwärts steigen konnte, hingegen auch keine Neigung zum Nieder-

sinken hatte, so ist es daraus wahrscheinlich, daß es an seinem Platze stehen blieb; da es ferner eiskalt war, so war es nicht fähig, das Eis, worauf es ruhte, zu schmelzen. — Da aber die Zinnplatte ein rundes Loch in der Mitte hatte, so war folglich an diesem Theile die Oberfläche des Eises bloß; das darüber stehende eiskalte Wasser wurde durch das von oben hinzuströmende wärmere und schwerere Wasser verdrängt, und letzteres bildete in dem Eise eine Aushöhlung, in Form eines flachen Beckens.

Das warme Wasser strömte so wie es das Becken bildete, über dessen Rand, und da es auf der Seite überfloß, die die niedrigste war, so bahnte es sich da einen Weg unter der Zinnplatte hinweg nach dem Rande des Eiskuchens zu, über welchen es dann herab auf den Boden des Gefäßes fiel. Da das Wasser dieses Bächelchens warm war, so bildete es sich bald von selbst einen tiefen Canal in dem Eise.

Diese Erklärungsart schien mir vollkommen befriedigend für die eben erwähnten Erscheinungen zu seyn, und je mehr ich über diesen Gegenstand nachdachte, desto mehr überzeugte ich mich über meine Muthmaßung, daß alle Flüssigkeiten vollkommene Nichtleiter der Wärme seyn müssen.

Zu-

Zufolge dieser Grundsätze konnte ich mir nun Erklärungen über das Schmelzen des Eises auf dem Boden des Gefäßes mit heißem Wasser (im Versuch No. 16.) bilden; eben so über die Langsamkeit, womit es schmolz. Durch diesen Erfolg muthig gemacht, unternahm ich nun voller Vertrauen noch mehr entscheidende Versuche; und ich kann es wagen, von den Resultaten dieser Versuche zu behaupten — daß die wichtigen zu untersuchenden Thatsachen dadurch außer allen nur möglichen Zweifel gesetzt worden sind.

Wenn das Wasser in der That ein vollkommner Nichtleiter der Wärme ist — d. heißt, wenn ganz und gar keine Mittheilung der Wärme unter den benachbarten Theilchen dieser Flüssigkeit statt findet (wie ich oben voraussetzte) — so folgt — da die Wärme in dem Wasser bloß zufolge der Bewegungen die in dieser Flüssigkeit durch die Veränderung der specifischen Schwere der Theilchen (die durch die Veränderung in ihrer Temperatur bewirkt wird) verursacht werden, fortgepflanzt wird, — daß die Wärme im Wasser nicht unterwärts sich fortpflanzen kann, so lange als das Wasser noch durch die Kälte verdichtet wird; ferner, daß sie nur dann in jener Richtung (niederwärts) sich fortpflan-

pflanzen kann, wenn das Wasser die Temperatur erhalten hat, wo es anfängt, durch die Kälte ausgedehnt zu werden; — das heißt ohngefähr gegen den 40° Fahrenheit.

Denken wir nun über diese Grundsätze nach, so kommen wir auf den merkwürdigen Schluß: daß Wasser, welches bloß 8 Grad über den Gefrierpunkt ist, oder sich in der Temperatur von 40° befindet, im Stande ist eben so viel Eis in einer gegebenen Zeit zu schmelzen, (sobald es über dessen Oberfläche steht) als eine gleiche Menge Wasser von jeder höhern Temperatur, selbst wenn es siedend heiß wäre.

Meine, mit der Physik vertrauten Leser werden ohne Zweifel glauben, daß ich keinen geringen Grad von Vertrauen auf die Meinung, die ich mir über diesen interessanten Gegenstand gemacht, gesetzt habe, da ich es wagte, die Versuche die nothwendig waren um dieses Factum ganz sicher zu stellen, sogar für mich ganz allein anzustellen.

Versuch No. 19.

In ein cylindrisches Glas, 4,7 Zoll im Durchmesser, und 13,8 Zoll hoch, goß ich 43,87 Cubik-

Zoll,

Zoll, (od. 1 lb. 11⅞ Unzen Apotheker-Gewicht) Wasser, setzte das Gefäß in eine frosterregende Mischung aus gestoßenem Eise und Seesalz, worauf dann das Wasser zu einer festen Masse fror, die sich fest an den Boden und an die Seitenwände des Gefäßes anschloß, und einen Eis-Cylinder 3 Zoll hoch bildete.

Wäre der Boden des Gefäßes ganz eben gewesen, anstatt daß er jetzt erhaben oder gewölbt war, so würde die Höhe des Eis-Cylinders nur 2,67 Zoll betragen haben.

So bald das Wasser in dem Gefäße durchaus gefroren war, so wurde das Gefäß aus der frosterregenden Mischung herausgenommen, und in eine Mischung von gestoßnem Eise und reinem Wasser gesetzt, worinne man es 4 Stunden stehen ließ, um den Eiskuchen in dem Gefäße auf die Temperatur von 32° zu bringen.

Die Oberfläche der kalten Mischung von gestoßnem Eise und Wasser, die in einer flachen Schale stand, war gerade im Niveau mit der Oberfläche des Eises in dem darinne stehenden Glase. Ich bedeckte die Oberfläche des Eiskuchens mit einem runden Stück starken Papiers, und goß 73¼ Unzen Apoth.

Gew.

Gew. heißes Wasser behutsam in das Gefäß, welches den Cylinder bis zu 8 Zoll über die Eis-Oberfläche anfüllte. — (Man sehe Taf. 2.)

Hierauf nahm ich das runde Stück Papier, welches die Oberfläche des Eises bedeckte, weg, und nachdem ich das heiße Wasser eine bestimmte Anzahl Minuten in Berührung mit dem Eise gelassen hatte, so goß ich es ab, und, indem ich unmittelbar darnach das Gefäß, und das ungeschmolzene Eis, welches darinne blieb, wog, so bestimmte ich dadurch die Menge des Eises, die durch das heiße Wasser, so lange es im Gefäß stand, geschmolzen war.

Diesen Versuch wiederholte ich denselben Tag (den 16. März 1797.) noch viermal, indem ich bey jeder Wiederholung die Zeit, wie lange ich das Wasser auf dem Eise ließ, veränderte. Die Resultate dieser Versuche waren folgende:

Zahl

Zahl der angestellten Versuche.	Zeit, wie lange das heiße Wasser auf dem Eise stand.	Temperatur des heißen Wassers, da es auf das Eis gegossen wurde.	Temperatur des Wassers 1 Zoll unter seiner Oberfläche zu Ende des Versuchs.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Minuten.			Gran.
No. 19.	1	186°	nicht beobachtet.	1632
No. 20.	3¾	185°	nicht beobachtet.	1824
No. 21.	15	184°	170°	1757
No. 22.	60	186°	140°	2573

Aus den Resultaten dieser Versuche erhellet sehr klar, daß eine beträchtliche Menge des geschmolzenen Eises, schon beym Anfange der Versuche schmolz, während das heisse Wasser in das Gefäß gegossen wurde, welches gewöhnlich ohngefähr 1 Minute dauerte; und die verschiedenen Resultate der Versuche, vorzüglich der drey erstern, zeigten offenbar, daß die Menge des geschmolzenen Eises bey den verschiedenen Versuchen auch verschieden war. — Ich hatte wirklich vorausgesehen, daß dieses der Fall seyn würde; deswegen hatte ich eben die Oberfläche des Eises mit einem runden Stücke von starkem Papier bedeckt, und sahe mich immer vor, daß ich das Wasser ganz behutsam in das Gefäß goß: allein ich fand demohngeachtet, daß alle diese Vorsichtsregeln nicht hinreichten, sehr beträchtliche Unregel-

mäßigkeiten in den Versuchen zu vermeiden. Da ich Ursache hatte zu vermuthen, daß die Bewegung der Masse des heissen Wassers, die die Wegnahme des Papiers womit ich das Eis bedeckt hatte, unvermeidlich bewirkte, der vorzüglichste Grund jener Unregelmäßigkeiten sey, so nahm ich meine Zuflucht zu einer andern, bessern Vorrichtung.

Ich ließ mir einen flachen Teller, von leichtem Holz, $\frac{1}{2}$ Zoll tief, $4\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und gegen $\frac{1}{4}$ Zoll im Boden dick, verfertigen, bohrte eine große Menge ganz kleiner Löcher durch den Boden, so daß er einem Siebe glich. Dieser durchbohrte hölzerne Teller wurde vorher ganz eiskalt gemacht, dann in das Gefäß auf die Eis-Oberfläche gelegt, und das heisse Wasser auf den Teller durch eine lange hölzerne Röhre gegossen. Da nun dieser durchbohrte Teller schwamm und folglich beständig auf der Oberfläche des Wassers blieb; da ferner das Wasser, indem es durch eine so große Zahl (mehrere hundert) kleine Löcher lief, nicht mit Heftigkeit niederströmte, so ist es klar, daß durch diese einfache Vorrichtung jene heftigen Bewegungen der Wasser-Masse, — die vorher, sobald das heisse Wasser auf das Eis gegossen wurde, durch die Wegnahme des Papiers von der Eis-Oberfläche, statt hatten, — größtentheils vermieden wurden.

Damit

Damit nun ferner das Wasser, welches jetzt durch die hölzerne Röhre (deren Oeffnung gegen $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hatte) gegossen wurde, nicht senkrecht und mit Heftigkeit auf den Boden des Tellers stürzen möchte, so wurde das untere Ende der Röhre mit einem guten Kork-Stöpsel verstopft, und das Wasser drang nun aus einer Menge kleiner Löcher, die unten in die Seitenwände der Röhre gebohrt waren, horizontal heraus.

Sobald alles heisse Wasser in das Gefäß gegossen war, so wurde der durchlöcherte Teller behutsam weggenommen, und das Gefäß mit einem hölzernen Deckel bedeckt, durch dessen Mitte ein kleines Queckſilber-Thermometer herabhing.

Die Wirkungen, die durch diese neue mechanische Vorrichtung hervorgebracht wurden, werden sich aus der Vorgleichung der zwey folgenden Versuche, mit den kürzlich oben erwähnten ergeben.

Zahl der angestellten Versuche.	Zeit welche das heisse Wasser auf dem Eise blieb.	Temperatur des heissen Wassers.		Menge des geschmolzenen Eises.
		Zu Anfang.	Zu Ende.	
	Minuten.			Gran.
No. 23.	1	196°	196°	423
No. 24.	3	190°	188°	703

Um die Unregelmäßigkeiten, die durch die innere Bewegung der Wassermasse, indem man es in das Gefäß goß, entstanden, (und die mehr oder weniger die Resultate der Versuche veränderten) noch mehr zu vermeiden, so machte ich folgende Vorrichtung.

Ich füllte eine kleine Phiole, die $8\frac{1}{4}$ Cub. Zoll faßte, mit eiskaltem Wasser an, und goß sie dann in dem Gefäße aus, wodurch die Eis-Oberfläche 0,478 Zoll hoch bedeckt wurde. — Nun legte ich den durchbohrten hölzernen Teller, der wieder eiskalt war, auf die Oberfläche des eiskalten Wassers (anstatt daß ich ihn vorher gleich auf das Eis gelegt hatte,) und goß nun das heisse Wasser darüber.

Die Resultate der folgenden Versuche zeigen, daß diese Vorrichtung sehr viel dazu beytrug, die scheinbaren Unregelmäßigkeiten der Versuche zu vermindern.

Die Temperatur der Luft in der Stube, worinne diese Versuche angestellt wurden, betrug 41°.

Zahl der angestellten Versuche.	Zeit welche das heisse Wasser auf dem Eise blieb.	Temperatur des heissen Wassers einen Zoll unter seiner Oberfläche.		Menge des geschmolzenen Eises.
		Zu Anfang.	Am Ende.	
	Minuten.			Grau.
No. 25.	10	192°	182°	580
No. 26.	30	190°	165°	914
No. 27.	180	190°	95	3200

Aus

Aus den Resultaten dieser drey letztern Versuche können wir nun mit einem ziemlich großen Grade von Gewißheit bestimmen, wie viel Eis während dem Eingießen des Wassers geschmolzen wurde, und folglich auch den Theil, der in dem ordentlichen Laufe des Versuchs geschmolzen wurde; vorausgesetzt, daß gleiche Quantitäten in gleichen Zeiten schmolzen.

Da in dem Versuche No. 27. 3200 Gran in 180 Minuten, und in dem Versuche No. 25. 580 Gr. in 10 Minuten schmolzen, so können wir sicher schließen, daß bey dem Versuche No. 27. die nemliche Menge in derselben Zeit (10 Minuten) geschmolzen seyn muß; wenn wir nun von 3200 Gr. — d. i. die Menge, die in 180 Minuten in diesem letzten Versuche schmolz — 580 Gr. für die Quantität, welche in den ersten 10 Minuten schmolz, abrechnen, so bleibt 2620 Gr. für die Quantität, die in den folgenden 170 Minuten schmolzen; da wir annehmen können (indem die Bewegung die durch das Einschütten des Wassers entstanden, aufhörten) daß der Proceß des Eisschmelzens ganz regelmäßig vor sich gegangen war.

Wenn nun aber bey dem regelmäßigen Gange des Versuchs, nicht mehr als 2620 Gr. in 170 Minuten

nuten schmolzen, so ist klar, daß nicht mehr als 154 Gran bey dem ordentlichen Gang des Versuchs in 10 Minuten geschmolzen werden konnten; denn

170 Min.: 2620 Gr. = 10 Min.: 154 Gr.

Ziehen wir daher von 580 Gr. (als der Quantität des Eises, die bey dem 25sten Versuche in 10 Minuten wirklich geschmolzen war) 154 Gran ab, so bleibt 426 für die Menge Eis, die während dem Eingießen des Wassers in das Gefäß geschmolzen wurden.

Wir wollen nun sehen, in wie ferne dieses mit dem Resultate des 26. Versuchs übereinstimmt. In jenem Versuche schmolzen 914 Gran Eis in 30 Minuten. Ziehen wir von dieser Menge 426 Gr. ab (als die Menge die zufolge der vorhergehenden Rechnung bey dem Eingießen des Wassers in das Gefäß geschmolzen seyn muß) so bleibt 478 Gran für die Menge, die bey dem ordentlichen Verlaufe des Schmelz-Proceßes in 30 Minuten schmolz; welches 159 Gran für die Menge, die in 10 Minuten schmolz, giebt; dieses differirt sehr wenig von dem Resultate der obigen Rechnung, wonach wir 154 Gr. erhielten. So klein diese Differenz auch ist, so ist sie doch hinreichend eine wichtige Thatsache zu beweisen, nemlich, daß die Wirkungen, die durch die Bewegung, in welche das heisse Wasser durch das Eingießen in

das

das Gefäß versetzt worden war, noch nicht ganz nach 10 Minuten, oder am Ende des 25. Versuches, aufgehört hatten. Wir werden uns daher der Wahrheit mehr nähern, wenn wir bey unsern Bemühungen, um die Menge des geschmolzenen Eises in einer gegebenen Zeit, während des ordentlichen Verlaufs der Versuche, zu entdecken, unsere Rechnung auf die Resultate der beyden Versuche von No. 26. und No. 27. gründen.

Bey dem letztern Versuche (No. 27.) schmolzen 3200 Gran Eis in 180 Minuten, und in dem vorhergehenden (No. 26.) schmolzen 914 Gran in 30 Minuten. Ziehen wir daher von 3200 Gr. (als der Menge, die in 180 Min. schmolz) die Menge die in den ersten 30 Min. schmolz, = 914 Gr. ab, so bleiben 2286 Gr. für die Menge, die in den folgenden 150 Minuten schmolz, übrig, und dieses giebt 152 Gr. für die Menge, des in 10 Minuten geschmolzenen Eises. Nach der obigen Rechnung betrug letzteres 154 Gran.

Wenn die Menge des geschmolzenen Eises bey dem regelmäßigen Laufe dieses Processes in 10 Minuten 152 Gr. beträgt, so mußten auf diese Art dreymal so viel, oder nur 456 Gr. in den 30 Min.

so

so lange der 26. Versuch dauerte, geschmolzen seyn. Ziehen wir diese 456 Gr. von den 914 Gr. ab, die wirklich in jenem Versuche schmolzen, so zeigt der Rest, der 458 Gr. beträgt, wie viel Eis schmolz, während daß man heiß Wasser darauf goß, oder zufolge der Bewegungen, die in dem Wasser durch die Ausführung jener Versuche hervorgebracht wurden. Nach der vorigen Berechnung betrug es 426 Gran.

Nach dem Resultate dieser Rechnungen glaube ich können wir mit Sicherheit schließen, daß bey dem ordentlichen Verlaufe der Versuche das heisse Wasser in 10 Minuten nicht mehr als 152 Gr. Eis schmolz.

Jetzt will ich nun mehrere Versuche anführen, wobey das Wasser, das das Eis schmelzen sollte, sich in einer weit geringern Temperatur befand.

Nachdem ich den Rest des Eises, der noch ungeschmolzen auf dem Boden des Gefäßes lag, herausgethan hatte, so goß ich von neuem eine bestimmte Menge Wasser in das Gefäß, setzte es dann wieder in eine frosterregende Mischung, wodurch ich bewirkte, daß das Wasser, welches das Gefäß bis

zu

zu 4 Zoll hoch anfüllte, sich bald in eine feste Eismasse verwandelte. Jetzt setzte ich das Gefäß auf einen flachen irdenen Teller, umringte es bis zum Niveau der Oberfläche des Eiskuchens mit einer Mischung von Schnee und Wasser (m. s. Taf. 2.) stellte es dann in ein Zimmer welches seit mehreren Monaten nicht geheitzt worden war, (die Temperatur der Luft war 41°) und ließ es da 2 Stunden ruhig stehen, damit das Eis die Temperatur von 32° bekäme.

Da dieses geschehen war, so nahm ich das Gefäß von dem irdenen Teller weg, trocknete es mit einem kalten Handtuche ab, wog es mit dem Eise zusammen ganz genau, stellte es dann wieder auf den irdenen Teller, und umgab es bis zum Niveau der Oberfläche des Eiskuchens mit Schnee und Wasser, wie zuvor.

Nun goß ich 73¼ Unz. Apoth. Gew. (= 15,160 Gr.) Wasser, in der Temperatur von 41°, in das Gefäß, welches das Eis eben so hoch, wie bey den vorigen Versuchen bedeckte, — nemlich bis auf 8 Zoll, und nachdem ich das Wasser eine bestimmte Anzahl Minuten auf dem Eise hatte stehen lassen, so goß ich es dann ab, trocknete das Gefäß von

aussen ab, und wog es, um die Menge des geschmolzenen Eises zu bestimmen.

Beym Hineinschütten des kalten Wassers in das Gefäß gebranchte ich dieselbe Vorsicht wie oben, indem ich es durch die hölzerne Röhre erst auf den durchlöcherten hölzernen Teller goß.

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate von 6 Versuchen an, die an einem Tage (19. März 1797.) mit der äussersten Sorgfalt nach der Ordnung wie die Nummern folgen, angestellt wurden:

Zahl der angestellten Versuche.	Temperatur des Wassers in dem Gefäße 1 Zoll unter seiner Oberfläche.		Temperatur der Luft.	Zeit, da das Wasser auf dem Eise blieb.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Zu Anfang des Versuchs	Am Ende des Versuch.			
				Minuten	Gran.
No. 28.	41°	40°	41°	10	203
No. 29	41°	40°	41°	10	220
No. 30.	41°	40°	41°	10	237
No. 31.	41°	40°	41°	10	228
No. 32.	41°	38°	41°	30	617
No. 33.	41°	38°	41°	30	585

Die Uebereinstimmung in den Resultaten dieser Versuche ist eben so ausserordentlich, als die überraschende Thatsache, die sie beweisen, nemlich daß

kochend

kochend heisses Wasser wenn es ganz ruhig auf der Oberfläche des Eises steht nicht mehr Eis schmolz, als Wasser in der Temperatur von 41° — oder nur 9 Grad über dem Gefrierpunkte. Ja man hat sogar Ursache zu schließen, daß es selbst nicht einmal so viel Eis schmelzet; — und dieser noch merkwürdigere Umstand kann, wie ich glaube, auf eine befriedigende Art erklärt werden, sobald man voraussetzt, (obgleich man es nicht länger als bloße Voraussetzung betrachten sollte) daß Wasser ein Nichtleiter der Wärme ist.

Es erhellet aus den Resultaten der Versuche mit heissem Wasser angestellt, daß bey dem ordentlichen Fortgange des Schmelz-Processes die Menge des geschmolzenen Eises in 10 Minuten nicht mehr, als 152 Gran betrug: — allein bey diesen Versuchen mit kaltem Wasser, betrug die Menge des geschmolzenen Eises in derselben Zeit nie weniger als 203 Gr. Nimmt man nun das Mittel aus 4 Versuchen, so beträgt es 222 Gran.

Doch es findet sich noch ein Umstand in Betreff dieser Versuche mit kaltem Wasser, der nothwendig erst untersucht werden muß, ehe die erwähnten Resultate als gültige Zeugen bey dem wichtigen, oben erwähnten Falle gelten können.

Bey den Versuchen, die oben mit heissem Wasser angestellt wurden, fanden wir, daß ein beträchtlicher Theil des geschmolzenen Eises, durch die Bewegungen, in welche das Wasser durch das Hineinschütten in das Gefäß versetzt wurde, geschmolzen war; ferner war die Wirkung dieser Bewegungen länger bemerkbar, als die meisten Versuche mit kaltem Wasser dauerten. Könnten daher nicht die Resultate aus den Versuchen mit kaltem Wasser, durch eben diese Ursache gestört worden seyn? Dies will ich versuchen jetzt auszumachen.

Bey dem 32. Versuche schmolzen 617 Gran Eis in 30 Minuten, und bey dem 33. Versuche schmolzen 585 Gran in derselben Zeit; nehmen wir hieraus das Mittel, so erhellet, daß 601 Gr. in 30 Minuten geschmolzen wurden. Ziehen wir nun von dieser Menge die 222 Gran ab, die nach dem mittlern Resultate der 4 noch vorhergehenden Versuche in 10 Minuten geschmolzen wurden, so bleibt an 379 Gran für die Menge, die in den letzten 20 Minuten der beyden Versuche schmolzen, übrig; die Hälfte dieser Summe, oder $189\frac{1}{2}$ Gran müßten daher in 10 Minuten bey dem regelmäßigen Fortgange des Processes geschmolzen seyn.

Obgleich diese Summe von 189½ Gr. geringer als die Summe der Menge, die in den Versuchen von 10 Minuten, wirklich geschmolzen wurden, war, so ist sie doch beträchtlich grösser als die 152 Gran oder die Menge des Eises, die bey dem regelmäßigen Verlaufe des Processes in den Versuchen mit heissem Wasser in derselben Zeit schmolzen; folglich ist die wichtige Frage, zu deren Entscheidung jene Versuche angestellt wurden, — wie ich glaube behaupten zu dürfen — entschieden.

Allein, so entscheidend das Resultat dieser Versuche mir auch zu seyn schien, so war mein Interesse an diesem Gegenstande doch zu groß, um meine Untersuchungen hier ganz zu beendigen.

Da ich bey den Resultaten beyder Versuche, sowohl mit kaltem als mit warmen Wasser gefunden hatte, daß doch eine beträchtliche Menge Eis durch das Hineinschütten des Wassers in das Gefäß, wodurch wellenförmige Bewegungen entstanden, aller meiner Bemühung ohngeachtet geschmolzen war, so verdoppelte ich nun noch meine Aufmerksamkeit und Vorsicht gegen jene Quellen des Irrthums und der Ungewißheit. —

Bey den Versuchen sowohl, wobey ich Wasser in der Temperatur von 41° brauchte, als auch bey den andern, die ich mit kochend-heissem Wasser anstellte, bedeckte ich die Oberfläche des Eises zuerst 0,956 Zoll hoch mit eiskaltem Wasser, ehe ich das übrige Wasser in das Gefäß goß. — Bey den vorhergehenden Versuchen hatte ich die Eis-Oberfläche nur dann mit eiskaltem Wasser bedeckt, wenn ich die Versuche mit kochendem Wasser anstellte, und selbst dann hatte ich nur die Hälfte so viel kaltes Wasser vorher aufgegossen, als ich jetzt brauchte. —

Jetzt goß ich das Wasser auch noch in einem feinern Strahle in das Gefäß, indem ich 3 Minuten brauchte, um es bis 8 Zoll über die Oberfläche des Eises anzufüllen; zugleich suchte ich den Einfluß der Temperatur der Luft auf die Resultate der Versuche auszumitteln, so wie auch den Einfluß der daraus entstände, daß man das Gefäß mit einer warmen Hülle umgebe.

Ich brauchte dasselbe Gefäß bey allen Versuchen, stellte es immer auf denselben irdenen Teller, und umgab es bis zum Niveau der Eis-Oberfläche mit Schnee. — Das regelmäßige Glasgefäß bildete beynahe einen vollkommenen Cylinder, und war

daher

daher vorzüglich zu dem Gebrauche geeignet, wozu ich es bestimmte.

Bey jedem der drey erstern Versuche, die in der folgenden Tabelle aufgezeichnet sind, wurde das Gefäß mit einer warmen Hülle von Baumwolle umgeben. Diese Hülle (gegen 1 Zoll dick) reichte von der Oberfläche des schmelzenden Schnee's, worinne das Gefäß stand, bis an das Ende des Gefäßes. Die Oeffnung desselben war zuerst mit einem hölzernen Deckel bedeckt (aus dessen Mitte ein Thermometer, wovon die Kugel einen Zoll unter die Oberfläche des Wassers reichte, herabhieng) und dann war über die Oberfläche dieses Deckels noch eine dicke Hülle von Baumwolle gezogen.

Bey allen Versuchen der folgenden Tabelle (die drey erstern ausgenommen) wurde das Gefäß ohne Bedeckung der Luft ausgesetzt, ausgenommen der untere Theil davon, der, wie ich schon mehr als einmal bemerkt habe, immer so hoch als das Eis in dem Gefäße stand, von aussen mit Schnee oder gestoßenem Eise und Wasser bedeckt war.

Bey den beyden Versuchen No. 37. und 38. die mit Sternchen bezeichnet sind, wurde die Oberfläche

des Eises nur 0,478 Zoll hoch mit eiskaltem Wasser bedeckt; — bey den übrigen Versuchen hingegen war es 0,956 Zoll hoch bedeckt.

Zahl der angestellten Versuche.	Temperatur des Wassers in dem Gefäß 1 Zoll unter seiner Oberfläche.		Temperatur der Luft.	Zeit, welche das Wasser auf dem Eise blieb.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Zu Anfang der Versuche.	Am Ende der Versuche.			
				Minuten	Gran.
No. 34.	188°	179°	41°	30	634
No. 35.	189°	180°	41°	30	747
No. 36.	190°	147°	41°	180	3963
No. 37.	41°	38°	41°	30	592*
No. 38.	41°	43°	61°	30	676*
No. 39.	186°	157°	61°	30	559
No. 40.	188°	156°	61°	30	575
No. 41.	190°	156°	61°	30	542
No. 42.	41°	43°	61°	30	573
No. 43	42°	44°	61°	30	575
No. 44.	42°	35°	61°	120	2151

Die Resultate dieser Versuche bieten nun Stoff zu manchen merkwürdigen Forschungen dar; allein ich will mich jetzt bloß auf zwey oder drey Beobachtungen beschränken.

Zuerst ist es bemerkungswerth, daß obgleich in den Versuchen No. 34. und 35. jeder von 30 Min. Dauer, beträchtlich weniger Eis geschmolzen wurde als bey dem Versuche No. 26. der doch dieselbe

selbe Zeit dauerte; so wurde doch in dem Versuche No. 36., von 180 Min. mehr Eis geschmolzen, als in dem Versuche No. 27., der eben so lange dauerte. Diese Verschiedenheit in den zwey letzten Versuchen soll noch später erklärt werden.

Was die Verschiedenheit in den Resultaten der Versuche von 30 Min. betrift, so ist da kein Zweifel, daß es der Vorsicht, die man bey den letztern Versuche anwendete, um die heftigen Bewegungen die durch das Hineinschütten des Wassers in das Gefäß entstanden, zuzuschreiben ist, daß bey den Versuchen No. 34. und No. 35. weniger Eis geschmolzen wurde, als bey dem Versuche No. 26.

Zweytens scheint in derselben Zeit mehr Eis bey den Versuchen geschmolzen zu seyn, wo das Gefäß mit warmen Hüllen umgeben war, als bey jenen Versuchen, wo es ganz unbedeckt der Stubenluft ausgesetzt war. — Der Unterschied ist sogar beträchtlich. Die Menge, die in 30 Minuten bey dem bedeckten Gefäße schmolz, giebt als Mittelzahl der beyden Versuche (No. 34. und No. 35.) $690\frac{1}{2}$ Gr.; hingegen beym unbedeckten Gefäß, ist die Mittelzahl von drey Versuchen (No. 39., No. 40. und No. 41.) nur $558\frac{2}{3}$ Gran.

Drittens. Die Menge des geschmolzenen Eises war unter gleichen Umständen — das heißt, bey unbedecktem Gefäß — offenbar größer, bey der Temperatur des Wassers von 41°, als wenn es beynahe kochend heiß war. Bey dem Versuche No. 41. wo das Wasser, das auf das Eis gegossen wurde, 190° Temperatur hatte, wurden in 30 Minuten nur 542 Gran Eis geschmolzen; da hingegen bey dem folgenden Versuche, (No. 42.) wo das Wasser nur 41° war, folglich 149 Gr. kälter, 573 Gr. in derselben Zeit geschmolzen wurden.

Da ich gefunden hatte, daß das Umgeben des Gefäßes mit einer dicken und warmen Hülle bewirkte, daß das heisse Wasser dann mehr Eis schmolz, so war ich nun begierig zu sehen, welche Wirkungen dadurch hervorgebracht würden, daß ich das Gefäß über und über in eine Mischung von Schnee und Wasser steckte, anstatt daß ich vorher nur die Stelle, wo der Eiskuchen lag, mit einer kalten Mischung umgeben hatte.

Ferner war ich begierig auszumitteln — und wo möglich zu gleicher Zeit — ob Wasser, bey einer etwas höhern Temperatur, als der, wobey es aufhört, durch Kälte verdichtet zu werden, in einer bestimm-

bestimmten Zeit nicht mehr Eis schmelzen würde, als eine gleiche Menge dieser Flüssigkeit, die entweder kälter oder viel heisser wäre. Das Resultat des 43. Versuchs zeigte mir — was man schon durch eine simple Berechnung ausgefunden hätte — daß, wenn die Temperatur des Wassers nur wenige Grade über den Gefrierpunkt beträgt, (indem die Tiefe oder Menge des Wassers nicht beträchtlich ist) so wird es bald so sehr abgekühlt, daß dadurch der Proceß des Eisschmelzens merklich verzögert wird: und was das heisse Wasser betrift, so überzeugte mich die mehrere Menge Eis, die bey dem Einhüllen des Gefäßes schmolz, daß die wahre Ursache die verhinderte, daß das heisse Wasser bey meinen Versuchen nicht so viel Eis schmolz als das kalte, in den Hindernissen des Schmelz-Processes des Eises lägen, die von den niedersinkenden Strömen herkamen, welche in dem heissen Wasser dadurch entstanden, daß es durch die Luft auf seiner Oberfläche, und dann an den Seitenwänden des Gefäßes abgekühlt wurde.

Da diese niedersteigenden Ströme in der Schicht, wo die beständige Temperatur 40° ist, mit den kalten Strömungen, die von der Oberfläche des Eises aufwärts stiegen, zusammentrafen, so scheint es wahr-

scheinlich zu seyn, daß die aufsteigenden Ströme, von deren Bewegung das Schmelzen des Eises abhängt, durch dieses Zusammentreffen gehemmt wurden. — Da ich nun das Abkühlen des Wassers von oben, durch Einhüllung des Gefäßes in warme Stoffe verhinderte, so wurde dadurch folglich die Geschwindigkeit der herabsinkenden Ströme vermindert; aber sobald dieses geschahe, so zeigten auch die Resultate des Versuchs, daß das Schmelzen des Eises nun schneller von statten gieng.

Da das Gefäß entblößt da stand, wo sich denn das heisse Wasser schneller abkühlen konnte, und folglich die Bewegungen der niedersteigenden Ströme dann heftiger waren, so schmolzen in 30 Min. nicht mehr als gegen 542, oder höchstens 575 Gran, hingegen bey der Einhüllung des Gefäßes schmolzen in derselben Zeit 634 Gr. und bey dem andern Versuche (No. 35.) 747 Gran.

Sollte das Eintauchen des Gefäßes in eine kalte Mischung von Schnee und Wasser nicht ohne Zweifel das Erkalten des heissen Wassers in dem Gefäße, und folglich eben so die Geschwindigkeit der niedersteigenden Ströme beschleunigen, wodurch denn das Aufsteigen der verkälteten Ströme von der Eis-Oberfläche gehemmt, und weniger Eis geschmolzen würde?

würde? — Dieses sollen die folgenden Versuche, (verglichen mit den Resultaten der Versuche von No. 39, 40. und 41.) zeigen.

Zahl der angestellten Versuche.	Temperatur des Wassers in dem Gefäß 1 Zoll unter seiner Oberfläche.		Temperatur der kalten Mischung in welche das Gefäß über und über gestellt wurde.	Zeit, die das Wasser auf dem Eise blieb.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Zu Anfang des Versuchs	Am Ende des Versuchs			
				Minuten	Gran.
No. 45.	188°	68°	32°	30	406
No. 46.	186°	67°	32°	30	440
No. 47.	189°	68°	32°	30	432
No. 48.	187°	67°	32°	30	355
No. 49.	188°	68°	32°	30	364
Total-Menge des Eises, das in d. 5. Vers. schmolz,					1997

	Gran.
Mittlere Zahl, des durch das heisse Wasser geschmolzenen Eises, da das Gefäß ganz in Schnee und Wasser gesetzt wnrde	$399\frac{2}{5}$
Mittlere Zahl der Menge, die in den Versuchen No. 26. und 27. durch heisses Wasser in 30 Minuten geschmolzen wurden, da das Gefäß in einer Luft-Temperatur von 41° stand .	456
Mittlere Zahl der Eismenge, die in den 3 Versuchen No. 39. 40. und 41. durch heisses Wasser in 30 Minuten geschmolzen wurde, da das Gefäß in einer Lufttemperatur von 61° stand	$558\frac{2}{3}$
Mittlere Zahl der Eismenge, die in den beyden Versuchen No. 34. und No. 35. durch heisses Wasser in 30 Minuten geschmolzen wurde, da das Gefäß über und über mit einer dicken und warmen Hülle von Baumwolle umgeben war	$690\frac{1}{2}$

Da alle diese Versuche auf dieselbe Art, mit derselben Sorgfalt angestellt würden, und nur in Hinsicht der Art, wie die Aussenseite des Gefäßes umgeben oder bedeckt war, von einander abwichen, so zeigen ihre Resultate die Wirkungen, die durch jene Verschiedenheiten hervorgebracht wurden.

Ich hätte vielleicht auf die Vermuthung kommen können, daß die grössere Menge Eis, die durch das Zusammenhalten der Wärme im Wasser auf die längstmöglichste Art geschmolzen wurde, nicht dadurch, sondern ganz, oder größtentheils durch die Wärme, die sich durch Hülfe des Glases dem Eise niederwärts mitgetheilt hätte, geschmolzen wäre; daß dieses aber nicht der Fall seyn konnte, bewieß nicht nur die einmal begründete Art, wie das Eis immer geschmolzen wurde, sondern erhellete auch aus den Resultaten ähnlicher Versuche, die mit viel kälterm Wasser angestellt wurden. —

Wäre das Eis durch die mitgetheilte Wärme vom Glase geschmolzen, so müßte dieses gerade an den Seitenflächen des Eiskuchens, wo er das Glas berührte, geschehen seyn; allein ich fand nie, daß dieses der Fall gewesen war.

Die

Die Resultate der folgenden Versuche werden beweisen — wie man leicht hätte voraussehen können — daß die Temperatur des Medium's, womit der obere Theil des Gefäßes umgeben wurde, die Resultate der Versuche nicht immer in demselben Grade verändert — ja nicht einmal immer auf dieselbe Art — bey verschiedenen Versuchen, wobey die Temperatur des Wassers in dem Gefäße sehr verschieden ist.

Zur leichtern Vergleichung der folgenden Versuche, mit den ihnen ähnlichen vorhergehenden, will ich sie nebeneinander stellen.

Zahl der angestellten Versuche.	Temperatur des Wassers in dem Gefäß 1 Zoll unter seiner Oberfläche.		Temperatur des Mediums womit der obere Theil des Gefäßes umgeben war.	Zeit welche das Wasser auf dem Eise blieb.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Zu Anfang der Versuche.	Am Ende der Versuche.			
				Minuten	Gran.
No. 50.	41°	36°	32°	30	542
No. 37.	41°	38°	41°	30	592
No. 42.	41°	43°	61°	30	576

Gewiß ist es sehr merkwürdig, daß so viel Eis durch Wasser von 41° Temperatur, wobey das Gefäß, worinne es enthalten war, mit einer kalten Mi-

schung

schung von gestoßenem Eise und Wasser umgeben war, mehr geschmolzen werden sollte, als durch eine gleiche Menge siedend-heisses Wasser unter denselben Umständen. Bey dem Versuche No. 50. beträgt die Menge des durch kaltes Wasser geschmolzenen Eises 542 Gran, da doch das durch siedend-heisses Wasser geschmolzene, noch eine Mittelzahl von 5 Versuchen (von No. 45. 46. 47. 48. und 49.) nur 399^2 Gr. war. — Doch sind die Resultate der 4 folgenden Versuche wo möglich noch überraschender.

Ich stellte diese folgenden Versuche mit Wasser von 61° Temperatur an, wobey die Temperatur der Luft im Zimmer eben auch 61° betrug; in den beyden erstern Versuchen wurde das Gefäß ganz in eine Mischung von Schnee und Wasser getaucht in den beyden letzten wurde nur der untere Theil des Gefäßes wieder bis zum Niveau der Oberfläche des Eiskuchens mit derselben kältenden Mischung umgeben, indeß der obere Theil bloß der Stubenluft ausgesetzt blieb.

Auch bey jedem dieser Versuche wurde (so wie bey den vorhergehenden) ehe das Wasser in das Gefäß gegossen wurde die Oberfläche des Eises bis zur Höhe von 0,956 Zoll mit eiskaltem Wasser bedeckt,

bedeckt, um nemlich das Eis desto kräftiger gegen die temporären Bewegungen des Wassers, in welche es durch das Eingießen unvermeidlich versetzt wurde, zu schützen. Dieselbe Quantität Wasser ($73\frac{1}{4}$ Unz. Apoth. Gewicht) oder so viel hinlänglich war, um das Gefäß 8 Zoll hoch anzufüllen, wurde bey allen Versuchen genommen.

Zahl der angestellten Versuche.	Temperatur des Wassers im Gefäß 1 Zoll unter der Oberfläche.		Temperatur des Mediums womit der obere Theil des Gefäßes umgeben wurde.	Zeit die das Wasser auf dem Eise blieb.	Menge des geschmolzenen Eises.
	Zu Anfang des Versuchs	Am Ende des Versuchs			
				Minuten	Gran.
No. 51.	61°	49°	32°	30	660
No. 52.	61°	50°	32°	30	662
No. 53.	61°	60°	61°	30	642
No. 52.	61°	60°	61°	30	550

Die Merkwürdigkeit dieser Versuche besteht nicht bloß in der sehr kleinen Differenz der geschmolzenen Eismenge, welches durch das Abkühlen der Seitenwände des Gefäßes erfolgte, sondern auch, und hauptsächlich darinn, daß die obige Differenz den Wirkungen der auf ähnliche Art mit heissem Wasser angestellten Versuche geradezu entgegen strebet. Es schmolz mehr Eis da die Aussenseite des Gefäßes

eiskalt

eiskalt war, (Vers. No. 51. und 52.) als da sie von der Stubenluft von 61° Temperatur umgeben war.

Alle diese Erscheinungen können, wie ich glaube, befriedigend aus den Grundsätzen erläutert werden, die wir über die Art, wie sich die Wärme in Flüssigkeiten fortpflanzt, angenommen haben; allein ohne uns jetzt zu sehr in diese schwierigen Speculationen zu vertiefen, wollen wir mit einem Rückblick alle unsere vorhergehenden Versuche überschauen, und die allgemeinen Resultate, die sich daraus ableiten lassen, zusammenstellen.

Unter den Versuchen, in welchen die größte Menge Eis durch heisses Wasser geschmolzen wurde, findet sich vorzüglich No. 36. wo 3963 Gr. in 3 Stunden, oder 180 Minuten geschmolzen wurden. Ziehen wir nun von dieser Menge die andere ab, die zufolge der beyden vorhergehenden Versuche, in den ersten 30 Min. geschmolzen seyn muß, nemlich 690½ Gr., so bleibt 3272½ Gr. für die Menge, die in den letzten 150 Min. schmolz; welches 654½ Gr. für die Menge, die in 30 Minuten bey dem ordentlichen Laufe des Versuches schmolz, giebt.

Diese Menge, 654½ Gran, abgezogen von derjenigen, die nach einer Mittelzahl von 2 Versuchen

(von

(von No. 34. und 35.) in 30 Min. wirklich geschmolzen wurde, nemlich 690½ Gr. — läßt zum Rest: 36 Gr., für die Menge, die in diesen beyden Versuchen als Folge der temporären Bewegungen, welches das heisse Wasser durch das Schütten in das Gefäß, erlitt, schmolzen. — Der Unterschied unter diesen beyden Mengen (= 36 Gran) ist sehr unbeträchtlich, und zeigt, daß die angewandten Mittel, um die Wirkungen, die durch jene Bewegungen hervorgebracht wurden, zu schwächen, sehr entsprechend gewesen waren.

Da die Resultate der drey Versuche No. 34. 35. und 36. ausserordentlich regelmäßig, und befriedigend waren, — ferner da die Wärme des Wassers durch die warme Hülle, die das Gefäß umgab, so vollkommen beysammen gehalten worden war, und der Proceß des Eisschmelzens solch eine lange Zeit (3 Stunden) in dem 36sten Versuche regelmäßig und gleichförmig fortdauerte, so können wir den Schluß wagen, daß wohl nicht mehr Eis durch das siedendheisse Wasser, da es auf demselben stand, geschmolzen werden konnte, als wie es in diesen Versuchen wirklich bewirkt worden war.

Es fand sich daß diese Menge jedesmal für 30 Minuten 654½ Gran betrug. Bey ähnlichen Versuchen

suchen betrugen die Mittleren unter denen, die mit Wasser von verschiedenen Temperaturen angestellt wurden, wie folgt:

		Eismenge binnen 30 Minut. geschmolzen.
		Gran.
In den Versuchen, wobey der Theil des Gefäßes den das Wasser einnahm unbedeckt der Luft von 61° Temperatur ausgesetzt war.	Mit kochend-heissem Wasser, (Versuch No. 39. 40. und 41.	558⅔
	Mit Wasser in der Temperatur von 61° (Vers. No. 53. u. 54.)	646
	Mit Wasser in der Temperatur von 41° (Vers. No. 42. u. 43.)	574
In den Versuchen, wobey der Theil des Gefäßes den das Wasser einnahm mit gestoßenem Eis und Wasser umgeben wurde, und folglich die Temperatur von 32 Grad hatte.	Mit kochend-heissem Wasser, Vers. No. 45. 46. 47. 48. und 49.	399⅔
	Mit Wasser in der Temperatur von 61° Vers. No. 51. u. 52.	661
	Mit Wasser in der Temperatur von 41°. Versuch No. 50.	542

Nach den Resultaten aller dieser Versuche können wir ungezweifelt den Schluß wagen, daß kochendheisses Wasser nicht vermögend ist mehr Eis zu schmelzen, indem es auf seiner Oberfläche ruhet als

eine

eine gleiche Menge Wasser in der Temperatur von 41°; oder wenn es sich nur 9 Grad über dem Gefrierpunkte befindet.

Dieses Factum giebt, wie ich mir schmeichle, den allerunläugbarsten Beweis, daß Wasser ein vollkommner Nichtleiter der Wärme ist, und daß sich die Wärme darinne nur zufolge der Bewegungen, die sie in den einzelnen, abgesonderten Theilchen des Wassers hervorbringt, fortpflanzt *).

Die Entdeckung dieses Factums läßt uns in eine der merkwürdigsten Theile der Haushaltungskunst der Natur blicken: — aber um uns zu der Betrachtung desselben gehörig vorzubereiten, so halte

*) Die hellen Blicke, die diese Entdeckung uns über die Natur des mechanischen Processes bey chemischen Auflösungen gewährt, sind zu klar, um noch Erläuterungen zu bedürfen; — und wie es mir scheint setzen sie uns in den Stand alle die verschiedenen Erscheinungen der chemischen Verwandschaften und der Vegetation auf eine befriedigende Art zu erklären. Vielleicht können alle Bewegungen der leblosen Körper auf der Oberfläche der Erde auf dieselbe Ursach zurückgeführt werden; — nemlich, auf die nichtleitende Kraft der Flüssigkeiten in Rücksicht auf die Wärme.

halte ich es nicht für überflüssig, durch Recapitulation dessen, was bisher über die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten, und vorzüglich im Wasser gesagt wurde, alles dieses von neuem wieder in das Gedächtniß zurückzurufen. Hierzu will ich gelegentlich solche Betrachtungen hinzufügen, die zur Aufklärung dieses verborgenen und schweren Gegenstandes dienen können.

Diejenigen, die in den Geist dieser Untersuchungen eindringen, werden diese Wiederholungen und Erläuterungen keinesweges für überflüssig oder ermüdend halten.

III. Capitel.

Summarische Wiederhohlung und weitere Untersuchung des Gegenstandes. — Alle Körper ohne Einschränkung werden durch die Kälte verdichtet, bloß das Wasser ausgenommen. — Wundersame Wirkungen die in der Natur zufolge des besondern Gesetzes, bey der Verdichtung des Wassers statt haben. — Diese Ausnahme von einem der ausgebreitetsten Naturgesetze, ist ein scharfer Beweis der planmäßigen Anordnung des Universums; ein Beweis den jeder nachdenkende und dankbare Mensch erkennen wird. — Dieses besondere Gesetz hat nicht statt bey der Verdichtung des Salzwassers. — End-Ursache der Salzigkeit des Meers. — Der Ocean ist wahrscheinlich vom Schöpfer dazu bestimmt, die Wärme auszugleichen. — Er würde dieser Absicht nicht entsprochen haben, wenn sein Wasser süß wäre. — End-Ursache der süßen Land-Seen und Wasser-Flächen unter hohen Graden der Breite. — Nutzen dieser Speculationen.

Die

Die unmittelbare Ursache der Bewegungen in einer Flüssigkeit, die darinne bey irgend einer Veränderung der Temperatur statt haben, besteht offenbar in der veränderten specifischen Schwere derjenigen Theilchen der Flüssigkeit, die eher als das übrige Quantum wärmer oder kälter werden; da ferner die specifische Schwere einiger Flüssigkeiten durch eine bestimmte Veränderung der Temperatur mehr verändert werden, als die specifischen Schweren anderer Flüssigkeiten, so entsteht die Frage: ob dieser Umstand (unabhängig von der mehr oder weniger vollkommenen Flüssigkeit des Fluidums) nicht einen merklichen Unterschied in der wärmeleitenden Kraft der Flüssigkeiten machen könnte?

Je mehr eine Flüssigkeit durch eine gegebene Veränderung der Temperatur ausgedehnt wird, um desto geschwinder werden die Theilchen, die zuerst die Wärme empfangen, in die Höhe steigen; und da an ihre Stelle sogleich wieder andere kalte Theilchen treten, die nun in ihrer Reihe erwärmt werden, so bewirkt dieses natürlich eine schnelle Mittheilung und Verbreitung der Wärme.

Hingegen, wenn auf der andern Seite, die specifische Schwere einer Flüssigkeit nur wenig durch

einen

einen bestimmten Wechsel der Temperatur verändert wird, so müssen die Bewegungen unter den Theilchen der Flüssigkeit, die durch diesen Wechsel bewirkt werden, träge seyn, und folglich die Mittheilung der Wärme nur langsam vor sich gehen.

Wir wollen hier einen Augenblick stehen bleiben, um uns selbst eine sehr bemerkenswerthe Frage aufzuwerfen. Wir wollen annehmen, daß es bey der allgemeinen Anordnung der Dinge nöthig gewesen wäre, solche Anstalten zu treffen, daß das Wasser im Winter gar nicht — oder nur mit der größten Schwierigkeit — sehr langsam; — und in den kleinmöglichsten Mengen — hätte frieren sollen; — Wie würde dies am leichtesten haben bewirkt werden können? —

Diejenigen, die mit dem Gesetze der Verdichtung des Wassers bey dem Verluste seiner Wärme bekannt sind, sind mir in diesen Fortsetzungen zuvergeeilt. Es giebt nun, wie ich glaube, innerhalb der weiten Gränzen der sichtbaren Schöpfung keinen Gegenstand, (den der menschliche Scharfsinn ergründen könnte) der einen überraschendern und zugleich fühlbarern Beweis der Weisheit des Schöpfers, und seiner besondern Sorgfalt, für die Er-

haltung des animalischen Lebens, bey Einrichtung des Universums, lieferte, als eben jene wunderbare Einrichtung: — denn obgleich die Ausbreitung und Unveränderlichkeit der allgemeinen Natur-Gesetze unser denkendes Wesen mit Ehrfurcht gegen den Schöpfer füllt; so bemerken wir doch, in den Ausnahmen von jenen Gesetzen, oder in ihren besondern Modifikationen, von welchen wir offenbar heilsame und Nutzen bringende Wirkungen für uns und unsere Neben-Geschöpfe ableiten können — noch überraschendere Beweise einer planmäßigen Einrichtung, die in uns die lebhaftesten Empfindungen der Bewunderung, Liebe, und Dankbarkeit hervorbringen sollten.

Obgleich bey Temperaturen, die höher als die der Blut-Wärme sind, die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme sehr beträchtlich ist, so verschwindet sie in der Nachbarschaft des Gefrier-Punktes doch beynahe ganz. Aber was noch merkwürdiger ist, als eine Ausnahme von einem der ausgebreitesten Natur-Gesetze, womit wir bekannt sind, besteht darinn, daß wenn das Wasser bey der Abkühlung bis auf 8 oder 9 Grad Fahrenh. über den Gefrier-Punkt gelangt, so dehnt es sich jezt, anstatt noch immer mehr bey dem fernern Verluste der Wärme verdichtet zu wer-

werden, so wie es kälter wird, wirklich aus, und so wie die Erkaltung weiter fortgeht, so nimmt auch immer die Ausdehnung zu.

Würde die ganze Summe der Verdichtung einer bestimmten Menge siedend heissen Wassers, indem es sich etwa bis zum Gefrier-Punkt abkühlte, in eine bestimmte Anzahl gleicher Theile getheilt, so müsten die Verdichtungen, die gleichen Veränderungen der Temperatur widersprächen, bey verschiedenen Temperaturen sehr ungleich seyn.

Bey der Abkühlung von je $22\frac{1}{2}$ Grad Fahrenh., (oder $\frac{1}{8}$ des Zwischenraums zwischen dem Siede- und dem Eis-Punkte) wird die Verdichtung seyn:

Bey der Erkältung um $22\frac{1}{2}°$, nemlich

				Verdichtung.
von	212°	bis	$189\frac{1}{2}°$ —	18 Theile
—	$189\frac{1}{2}°$	—	167° —	16,2
—	167°	—	$144\frac{1}{2}°$ —	13,8
—	$144\frac{1}{2}°$	—	122° —	11,5
—	122°	—	$99\frac{1}{2}°$ —	9,3
—	$99\frac{1}{2}°$	—	77° —	7,1
—	77°	—	$54\frac{1}{2}°$ —	3,9
—	$54\frac{1}{2}°$	—	32° —	0,2.

Hieraus siehet man, daß die Verdichtung des Wassers, oder die Zunahme seines specifischen Gewichts bey der Abkühlung von 22½ Gr. Fahr; zum wenigsten 90mal größer ist bey kochend heißen Wasser, als wenn es die mittlere Temperatur der Atmosphäre in England 54½°, hat, oder 22½ Gr. vom Gefrier-Punkte ist — (denn 18 : 0,2 = 90 : 1).

Es ist zwar wahr, daß alle Flüssigkeiten bey der Abkühlung, durch eine bestimmte Veränderung der Temperatur, mehr abgekühlt werden, wenn sie sehr warm, als dann, wenn sie kälter sind; allein diese Differenzen wollen nichts sagen, wenn man sie mit denjenigen vergleicht, die wir bey dem Wasser bemerken.

Das Verhältniß der Verdichtung bey der Abkühlung von 212° bis auf 189½° zu dem der Abkühlung von 54½° bis auf 32° in jeder der folgenden Flüssigkeiten, ergiebt sich nach Hrn. De Luc, Versuchen, wie folgt:

Oliven-Oel	= =	wie $1_{\frac{1}{100}\frac{4}{0}}$: 1.
Starker Wiengeist	=	— $1_{\frac{2}{100}\frac{9}{0}}$: 1.
Eine gesättigte Koch-Salz-Auflösung		— $1_{\frac{3}{100}\frac{8}{0}}$: 1.
Reines Wasser	= =	— 90 : 1.

Der

Der Unterschied der Gesetze über die Verdichtung des Wassers, wenn es rein ist, oder wenn es eine Portion Kochsalz aufgelößt enthält, ist überraschend; untersuchen wir aber die Wirkungen, die diese Vorrichtung in der Schöpfung hervorbringt, so verlieren wir uns in Staunen und Bewunderung. —

Ich bitte bey der Unternehmung der Untersuchung dieses äußerst merkwürdigen Gegenstandes, um die Aufmerksamkeit meiner Leser, und nehme zugleich ihre Biederkeit und Nachsicht in Anspruch. Ich fühle die Gefahr, der sich ein Sterblicher aussetzt, die Absichten der unendlichen Weisheit zu entwickeln. — Die Unternehmung ist gewagt, aber gewiß nicht unschicklich.

Die bewunderungswürdige Einfachheit der Mittel, die der Urheber des Universums gebrauchte, um den Wechsel der Jahres-Zeiten, und zugleich die unzähligen Vortheile, die die Bewohner der Erde dadurch erlangen, hervorzubringen, muß ohne Zweifel auf jeden Menschen, er müste denn ganz stumpfsinnig und ohne Gefühl seyn, den tiefsten und bleibendsten Eindruck machen: allein je mehr wir unsere Forschungen über die Anordnung des Universums verfolgen, und je aufmerksamer wir die Wirkungen

un-

untersuchen, die durch die verschiedenen Modificationen der thätigen Kräfte, die wir wahrnehmen, hervorgebracht werden; um desto mehr werden wir die Entstehungs-Ursache aller Wesen bewundern und verehren.

Obgleich nun Winter und Sommer, Frühling und Herbst, und alle die Verschiedenheiten der Jahres-Zeiten, auf eine Art hervorgebracht werden, die eben so einfach als erstaunungswürdig ist, (nemlich durch die Neigung der Erdachse gegen die Ecliptic); so würde doch diese mechanische Vorrichtung allein nicht hinreichend gewesen seyn, (wie ich versuchen werde zu zeigen) jene stufenweise Veränderung der Temperatur in den verschiedenen Himmelsstrichen, — so wie wir sie wirklich finden, und die so unerlaßlich nothwendig zur Erhaltung des animalischen und vegetabilischen Lebens ist — hervorzubringen.

So nothwendig auch die Veränderung der Temperatur für das Wachsthum und die Vervollkommnung der meisten Vegetabilien zu seyn scheint, so müssen doch diese Veränderungen innerhalb gewisser Gränzen bleiben. Einige Pflanzen können zwar größere Veränderungen der Temperatur aushalten, als andere; allein das Uebermaaß sowohl von

Kälte

Kälte als von Wärme, ist für alle gleich nachtheilig.

Da die Strahlen der Sonne die unmittelbare Ursache der Wärme auf der Oberfläche des Erdbodens sind, und da die Länge der Tage unter hohen Graden der Breite im Sommer und im Winter so sehr verschieden ist, so ist ganz klar, daß — um diese Gegenden bewohnbar zu machen — Maasregeln nothwendig waren, um die Folgen zu verhüten, die die große Ungleichheit der Wärme im Winter und im Sommer natürlich hervorgebracht haben würde; oder mit andern Worten, um die Wärme auszugleichen, und ihr Uebermaaß in diesen beyden JahresZeiten zu mäßigen.

Wir wollen nun sehen, wie weit das Wasser bey dieser Veranstaltung mit ins Spiel kömmt: dann wollen wir untersuchen, in wie fern das merkwürdige Gesetz, welches sich bey der Verdichtung des Wassers durch Kälte bestätigt gefunden hat, dahin strebt, es zu jenem wichtigen Vorhaben geschickt zu machen.

Die große Ausbreitung des Oceans und seine Tiefe — noch mehr aber die vielen Ströme, und

die

die Kraft des Wassers eine große Menge von Wärme zu verschlucken — machen ihn vorzüglich dazu geschickt, als Ausgleicher (Equalizer) der Wärme zu dienen.

Bey dem Zurückgange der Sonne nach der Sonnen-Wende, folgen ihr sogleich die kalten Winde aus den Gegenden des ewigen Frostes nach, die sich stets hereinwärts nach dem Aequator zu drängen. Da die Kraft der Sonne, die Oberfläche der Erde und die Luft zu erwärmen, sich unter hohen Graden der Breite sehr schnell vermindert (so wie die Tage kürzer werden) so wird ihr Einfluß nun bald zu gering, um die dichte Atmosphäre, die sich von den Polen her hereindrängt, abzuhalten, und nun nimmt die Kälte sehr schnell zu. — Da findet sich nun ein Umstand, wodurch dieses schnelle Fortrücken des Winters einigermaßen gemäßiget wird. Die Erde, noch mehr aber das Wasser, haben beyde in den langen Sommer-Tagen, wo sie den Einfluß der belebenden Sonnen-Strahlen genossen, eine große Menge von Wärme eingesogen; diese Wärme, die an die kalte Luft, — welche von den Polen so heftig hereindringt — abgesetzt wird, dient dazu, sie wärmer und milder zu machen, vermindert auf diese Art die Heftigkeit ihrer Bewegung, und benimmt

nimmt ihre jene schneidende Rauhigkeit. — Da aber die kalte Luft in einem fort, so wie sich die Sonne zurückzieht, herzuströmt, so ist die während des Sommers angehäufte Wärme bald erschöpft, — und alle festen und flüssigen Körper kommen bis zur Temperatur des Gefrier-Punctes. —

Unter diesen Umständen nimmt die Kälte der Atmosphäre sehr schnell zu, und sie würde wahrscheinlich noch schneller zunehmen, würde sie nicht daran verhindert:

1) durch die große Menge von Wärme, die der Luft durch die wässerigen Dünste mitgetheilt wird, die in der Atmosphäre sich erst verdichten, dann erstarren, und in der Folge als Schnee auf die Erde herunterfallen; und

2) durch die noch größere Menge von Wärme, die durch das Wasser in den Flüssen und Seen, und durch den Grund, über welchen es gefroren ist, abgesetzt wird.

Allein in sehr kalten Gegenden friert zu Anfange des Winters der Boden und wird mit Schnee bedeckt;

deckt; ebenso frieren auch alle Flüsse und Seen zu. Alsdann wird die Kälte erst recht groß, und keine Entstehungs-Art der Wärme scheint mehr vorhanden zu seyn, um jene gewaltige Kälte nur irgend einigermaßen zu mildern.

Wir wollen jetzt einmal überlegen, was erfolgt seyn würde, wenn Alles so zu sagen seinem natürlichen Laufe überlassen gewesen wäre; — oder wenn das Wasser, nach dem Verluste seiner Wärme, bey seiner Verdichtung dasselbe Gesetz beobachtet hätte, welches in andern Flüssigkeiten statt findet, ja in einigen Fällen selbst bey dem Wasser, nemlich wenn letzteres mit gewissen Körpern gemischt ist.

Hätte sich hier die Vorsehung nicht auf eine bewunderungswürdige Art in das Mittel geschlagen — so wäre alles süße Wasser an den Polen in einem Winter unvermeidlich bis zu einer großen Tiefe hinab gefroren, und alle Pflanzen und Bäume wären vernichtet worden; ja es ist mehr als wahrscheinlich, daß sich die Gegenden des ewigen Frostes allenthalben von den Polen aus würden ausgebreitet haben, und indem sie so gegen den Aequator zu vorgerückt wären, würden sie ihre traurige erstarrende Herrschaft über einen großen Theil derjenigen Länder

ver-

verbreitet haben, die jetzt zu den fruchtbarsten und bewohntesten der Erde gehören!

In den Himmelsstrichen, wo jetzt der zurückkehrende Frühling durch die allgemeine Stimme der Freude begrüßt wird — wo die Natur die Erde am schönsten schmückt, und die Gesänge der Freude und Zufriedenheit von Millionen lebendiger Wesen allenthalben wiedertönen, da würde man nichts hören, als das Sausen rauher Winde, nichts sehen, als Eis und Schnee, und dicke Wolken-Gebürge, die noch eine verheerende Legion von Winter-Stürmen in sich faßten.

Mit Ehrfurcht und geziemendem Mißtrauen wollen wir nun die Mittel zu erforschen suchen, die der Schöpfer anwendete, um seine herrliche Schöpfung zu schützen.

Da alle lebende Geschöpfe ihre Nahrung und Erhaltung durch Vermittelung des Wassers bekommen, so war es zu der Erhaltung ihres Lebens durchaus nothwendig, daß den Winter und Sommer hindurch eine hinlängliche Menge Wasser immer im flüssigen Zustande blieb.

Allein in den kalten Climaten sinkt die Temperatur der Atmosphäre viele Monate des Jahres hindurch, so tief unter den Eis-Punkt, daß, wären nicht Veranstaltungen da, den folgenden schädlichen Umstand zu verhindern, so würde alles Wasser unvermeidlich in Eis verwandelt worden seyn, wodurch dann alle lebende Wesen untergegangen wären.

Deswegen waren ausserordenliche Maasregeln nöthig, um in jenen Climaten so viel Wasser im flüssigen Zustande zu erhalten, als zur Erhaltung des animalischen und vegetabilischen Lebens schlechterdings nöthig war; dieses konnte bloß durch solche Veranstaltungen bewirkt werden, wodurch man verhinderte, daß das Wasser seine Wärme nicht an die kalte Atmosphäre absetzte.

Ich habe oben schon auf eine sehr befriedigende Art gezeigt (ja ich kann sagen bewiesen) — daß die Flüssigkeiten ihre Wärme bloß durch die innere Bewegung ihrer Theile abgeben, und daß je rascher diese Bewegungen sind, desto rascher auch die Mittheilung der Wärme geschieht; — ferner, da diese Bewegungen in den Flüssigkeiten durch die Veränderungen ihrer specifischen Schwere, durch die verschiedenen Temperaturen veranlaßt, entstehen, — so

müssen

müssen auch jene Bewegungen heftiger werden, sobald die specifische Schwere der Flüssigkeit durch eine bestimmte Veränderung der Temperatur beträchtlich umgeändert wird.

Es ist ferner gezeigt worden, daß die Veränderung der specifischen Schwere des Wassers bey der Temperatur, die geringer als die mittlere Temperatur der Luft ist, sehr wenig beträgt; besonders aber wenn die Temperatur des Wassers dem Gefrier-Punkte sehr nahe ist. Hieraus folgt, daß das Wasser, wenn es beynahe gefrieren will, seine Wärme nur sehr langsam absetzt. Doch dieses ist noch nicht Alles. Ein Umstand verdient noch bemerkt zu werden, der noch auffallender, und durch seine Folgen noch wunderbarer ist. Sobald das Wasser bis auf 8 oder 9 Grad über den Gefrier-Punkte abgekühlt ist, so hört nicht bloß seine weitere Verdichtung auf, sondern es dehnt sich nun bey dem weitern Verluste seiner Wärme wirklich aus; und diese Ausdehnung dauert bey weiterer Verminderung der Wärme sogar dann noch fort, wenn das Wasser schon zu Eise geworden ist, und dieses dann auf der Oberfläche der noch ungefrornen Flüssigkeit schwimmt.

Wir wollen nun sehen, wie mächtig diese Vorrichtung das Abkühlen des Wassers unter kalten Himmelsstrichen hemmt.

Es ist bekannt, daß keine Mittheilung der Wärme zwischen zwey Körpern statt findet, so lange sie beyde dieselbe Temperatur haben, und noch keine chemische Verbindung eingegangen sind. Ferner ist bekannt, daß das Bestreben der Wärme aus einem heißen Körper in einen kältern, die beyde einander berühren, überzugehen, größer ist, sobald der Unterschied der Temperaturen der beyden Körper größer ist. Wir wollen jetzt annehmen, eine Masse sehr kalter Luft ruhte auf der ruhigen Oberfläche eines großen Süß-Wasser-Sees, dessen Temperatur 55° Fahrenheit betrüge. Indem nun die Wasser-Theilchen auf der Oberfläche des Sees einen Theil ihrer Wärme an die kalte Luft abgaben, so müssen sie natürlich durch diesen Wärme-Verlust specifisch schwerer werden, als die übrigen Wasser-Theilchen, auf welchen sie ruhen, und folglich niedersinken. Dieses Niedersinken der abgekühlten Theilchen drängt nun die übrigen wärmeren Theilchen nach der Ober-

flä-

fläche zu. Sind diese abgekühlt, so geht dann dieses Sinken und Steigen von neuem an; hierdurch kömmt die ganze Wasser-Masse in Bewegung, und wird darinn so lange, als der Abkühlungs-Proceß dauert, erhalten.

Bevor ich aber diese ganze Einrichtung durch alle Stufen hindurch entwickle, muß ich durchaus erst einen Einwurf wegräumen, den man meiner Erklärung dieses Phänomens entgegensetzen könnte. — Da ich erstens angenommen habe, daß die Luft-Masse, die auf der Oberfläche des Sees ruhet, äusserst kalt ist, und da ich es auch zweytens für ausgemacht halte, daß keine Mittheilung von Wärme zwischen den Wasser-Theilchen, die unmittelbar mit der kalten Luft in Berührung stehen, und denen darunter liegenden wärmern Wasser-Theilchen, statt findet, so möchte man wohl fragen, wie es denn käme, daß jene Theilchen an der Oberfläche nicht gleich so abgekühlt würden, um unmittelbar in Eis verwandelt zu werden? Hierauf antworte ich, daß zwey Ursachen zusammen wirken, um die unmittelbare Bildung des Eises auf der Oberfläche des Wassers zu verhindern: Erstens. Da die specifische Schwere der WasserTheilchen an der Oberflä-

che

che, so wie sie nur anfangen Wärme zu verlieren, zunimmt, so sinken sie, wie sie abgekühlt werden, auch sogleich nieder; ehe nun die Luft ihnen alle Wärme rauben kann, so befinden sich die Theilchen schon ausserhalb deren Wirkungskreis. Zweytens. Da die Luft ein schlechter Wärme-Leiter ist, so kann sie sie nicht so schnell aufnehmen und fortführen, daß die ganze Oberfläche des Wassers sehr plötzlich dadurch abgekühlt würde, wodurch dann die innere Bewegung der Wassertheilchen, und folglich auch das Absetzen der Wärme, gehemmt würde.

Aber um wieder auf unsern See zurückzukommen: Sobald das Wasser bey seiner Abkühlung die Temperatur von 40 Fahrenheit erreicht hat, (wo es denn nicht weiter verdichtet wird) so hören nun seine innern Bewegungen auf, und die Wassertheilchen, die sich auf der Oberfläche befinden, bleiben da. Sind diese nun bis zum GefrierPunkt abgekühlt, so geben sie ihre gebundene Wärme vollends ab, und das Eis fängt an sich zu bilden. Sobald nun die Oberfläche des Wassers mit Eise bedeckt ist, so theilt sich die Wärme des Wassers der Luft nur langsam und mit Schwierigkeit mit; denn das Eis, als ein schlecheer Leiter der Wärme, bildet

für

für das Wasser eine sehr warme Hülle, und verhindert auch zugleich, daß es durch den Wind nicht bewegt wird. Ferner, da das Eis auf seiner untern Fläche beynahe immer dieselbe Temperatur mit den daran stoßenden flüssigen Wasser-Theilchen hat, (weil die wärmern Theilchen, wegen ihrer größern specifischen Schwere immer den untersten Platz einnehmen) so ist deswegen die Mittheilung der Wärme des Wassers an das Eis nur sehr langsam. Sobald nun die äussere Oberfläche des Eises vollends noch mit Schnee bedeckt ist, so wird dieser ein mächtiges Hinderniß für das Davongehn der Wärme aus dem Wasser; und ob nun gleich jetzt vielleicht eine sehr heftige intensive Kälte in der Luft herrscht, so wird doch das Eis nur sehr langsam an Stärke zunehmen.

Während dieser Zeit verliehrt nun die noch ungefrorne Wasser-Masse nichts von ihrer Wärme; im Gegentheil sie bekömmt immer neue Wärme aus dem Boden. Diese Wärme, die sich in der Erde während des Sommers anhäufte, ersetzt einigermaßen diejenige, die der Luft durch das Eis mitgetheilt wird, und verhindert zugleich, daß diese Mittheilung nicht auf Kosten der gebundenen Wärme der obern Wasser-Theilchen geschieht. Ferner reicht

dieser Ersatz von Wärme, wenn die Temperatur nicht viel unter dem Gefrier-Punkte ist, hin, um die von der Luft weggeführte Wärme zu ersetzen, und die Dicke des Eises nimmt daher nicht zu. — Beträgt aber die Kälte der Luft nicht mehr, als die des gefrierenden Wassers, so dient nun die ganze Masse der Wärme, die aus dem Boden des Sees aufsteigt, dazu, das Eis auf der untern Fläche zu schmelzen, und so seine Dicke zu vermindern. — Ja dieses geschieht sogar oft (wenn das Eis sehr dick, und auf der Oberfläche mit tiefen Schnee bedeckt ist) dann, wenn auch die Temperatur der Luft beträchtlich unter dem Gefrier-Punkte steht.

Die Wasser-Theilchen steigen, wenn sie von dem Grunde des Sees Wärme erhalten haben, (wodurch sie die Temperatur über 40° bekommen, und folglich dadurch specifisch leichter werden), nach der Oberfläche des flüssigen Wassers zu. Hier setzen sie ihre freye Wärme an der untern Fläche des Eises ab, kehren aber nicht wieder in die Tiefe zurück. Diese Wärme, die aus der Erde ausdunstet, bringt daher sehr wenig Bewegung in der Wasser-Masse hervor, und dieser Umstand trägt ohne Zweifel zur Erhaltung der Wärme des Wassers viel bey.

Wenn

Wenn heftige Stürme wehen, und die Oberfläche des Wassers dadurch sehr bewegt wird, so bildet sich kein Eis, wenn auch die ganze Wasser-Masse, durch lang anhaltendes kaltes Wetter, bis zu dem Punkte wäre abgekühlt worden, wo seine innern Bewegungen aufhören, und es zu frieren anfängt. Denn obgleich die Wasser-Theilchen auf der Oberfläche beym weitern Erkalten nicht niederzusinken streben, so folgen doch, — da die Theilchen eine Wärme von 8 oder 10 Grad erst abzugeben haben, ehe die Eisbildung anfängt, und da die Bewegung des Wassers durch Sturm die Theilchen verhindert, so lange mit der Luft in Berührung zu bleiben, um alle ihre Wärme abzugeben — beständig frische Theilchen nach, die nach der Oberfläche steigen, und da ihre Wärme an die Luft absetzen; allein keins davon hat Zeit genug, so abgekühlt zu werden, daß es anfienge, sich in Eis zu verwandeln. Das Wasser verliert auf diese Art eine große Quantität Wärme; sobald nun der Sturm sich legt, und die Kälte anhält, so bildet sich das Eis erstaunlich schnell.

Wenn der Frühling zurückkehrt, so schmilzt der Schnee durch die allmählig stärker wirkenden Strahlen der Sonne. Die sämmtliche Wärme, die nun die Erde aushaucht, schmelzet die Eisdecke von unten, un-

terdessen die Sonne von oben, noch weit schneller dasselbe bewirkt. Obgleich nun das Eis zwar durchscheinend ist, so ist es doch nicht vollkommen durchsichtig, und da die Lichtstrahlen, die in ihrem Durchgange aufgehalten werden, nothwendig Wärme erzeugen müssen, so ist es keinesweges überraschend, daß der Schnee, der den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, schmilzt, selbst wenn die Temperatur der Luft im Schatten noch unter dem Gefrier-Punkte stehet; ferner daß Schnee, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, viel früher schmilzt, ehe noch die glatte Oberfläche des Eises beträchtlich erweicht wird, so daß längst schon alle Hügel vom Schnee entblößt sind, ehe das Eis in den Seen und Flüssen aufbricht.

Da die Sonnenstrahlen, die auf einen Schnee-Haufen fallen, oft darinne gebrochen und zurückgeworfen werden, so dringen sie deswegen sehr tief hinein, und setzen ihre Wärme da ab, wo sie nicht so leicht durch die kalte Atmosphäre fortgeführt wird. Die Strahlen hingegen, die auf die ebene und glatte Oberfläche des Eises fallen, werden meistens durch die Reflection wieder zurück in die Luft geführt; und wenn auch einige Theilchen davon auf der Eis-Oberfläche hängen blieben und ihre Wärme von da weiter verbreiteten, so wird sie doch sogleich von

der

der kalten Luft weggetragen, und die Wassertheilchen sind kaum geschmolzen, so frieren sie wieder von neuem.

Hieraus sehen wir, daß der Schnee, der in kalten Gegenden das auf der Oberfläche des süßen Wassers gebildete Eis bedeckt, nicht bloß verhindert, daß die Wärme des Wassers von der Luft fortgeführt wird, sondern auch viel dazu beyträgt, daß das Eis im Früh-Jahre früher schmilzt.

Wir wollen nun die Folgen betrachten, die Statt gefunden hätten, wenn das Wasser sich bey seiner Verdichtung durch Kälte demselben Gesetze, wie alle übrigen Flüssigkeiten, unterworfen hätte.

Da die innern Bewegungen des Wassers dann ohne Zweifel so lange fortgedauert hätten, als sich die specifische Schwere desselben durch das Absetzen der Wärme vermehrt hätte; so würde sich nicht eher Eis gebildet haben, bis die Temperatur der ganzen Wasser-Masse bis auf 32 Gr. Fahr. gesunken wäre. Um zu sehen, was für eine erstaunliche Menge Wärme hierdurch bey tiefem Wasser verlohren gehen würde, brauchen wir bloß zu berechnen, wie viel diese Wärme Eis schmelzen, oder wie viel Wasser

dadurch vom Gefrier-Punkte bis zum Siede-Punkte gebracht werden würde. Durch Versuche ist gezeigt worden, daß eine bestimmte Menge Eis, um zu schmelzen, so viel Wärme braucht, als eine gleiche Menge flüssiges Wasser beym Erkalten von 140° verliert: folglich verhält sich die Eis-Menge, die durch die Wärme (die von einer bestimmten Wasser-Menge beym Erkalten einer gewissen Anzahl von Graden abgesetzt wird) schmilzt, zu der gegebenen Wasser-Menge, wie die Anzahl der Grade, um die es erkaltet, zu 140 Grad.

Hieraus folgt, daß, wenn die Temperatur des Wassers 8 Grad über den Gefrier-Punkt beträgt, es beym Erkalten bis zu diesem Punkte so viel Wärme absetzt, als hinlänglich wäre, eine $\frac{8}{140}$ oder $\frac{2}{35}$ so schwere Eis-Masse zu schmelzen. — Wäre daher das Wasser, welches von 40° bis auf 32° abgekühlt würde, 35 Fuß tief, so würde die dadurch abgesetzte Wärme eine Eis-Decke von 2 Fuß dick haben schmelzen können.

Allein dieß ist noch nicht Alles. Denn da die Wasser-Theilchen auf der Oberfläche bey ihrer Erkältung, zufolge ihres zunehmenden specifischen Gewichtes beym Verluste ihrer Wärme, sogleich nach

dem

dem Boden zu sinken, so würde der größte Theil der den Sommer hindurch in dem Boden angehäuften Wärme, eher noch fortgeführt werden, als das Wasser zu frieren anfinge. Entstünde nun Eis, so würde seine Dicke sehr schnell zunehmen, und so den ganzen Winter hindurch fortwachsen. Hieraus kann man folgern, daß selbst in den jetzt gemäßigten Climaten bey einem harten Winter die großen Seen so tief hinein frieren würden, daß der folgende Sommer nicht hinreichen würde, das Eis wieder aufzuthauen. Geschähe dieses nur einmal, so würde der darauf folgende Winter die noch übrige Wasser-Masse auch in einen festen Eis-Kern verwandeln; der dann nie seine vorige Flüssigkeit wieder bekäme, sondern bis zum Ende der Zeiten fest und unbeweglich bleiben würde.

Herr von Saussüre fand im Monat Februar nach einem anhaltenden Froste von 1 Monat, da die Temperatur der Luft 38° betrug, das Wasser des Genfer-Sees auf der Oberfläche von 41°, und in der Tiefe von 1000', von 40° Wärme. Hätte der Frost nur ein wenig länger gedauert, so würde sich Eis gebildet haben. Gesetzt nun, die Wasser-Masse wäre so eingerichtet gewesen, daß sie erst total bis auf 32° hätte abgekühlt werden müs-

sen, ehe sich Eis angesetzt hätte, so würde dieser Umstand nur dann erst erfolgt seyn, wenn das Wasser so viel Wärme abgesetzt hätte, als hinreichend gewesen wäre, eine Eisdecke 57 Fuß dick zu schmelzen! —

Diese Menge von Wärme wäre hinreichend, eine Masse eiskaltes Wasser, so breit wie der See, und 49 Fuß tief bis zum Siede-Punkte zu erhitzen.

Wir können die Einfachheit der Veranstaltung, wodurch alle diese Wärme erhalten wird, nicht genug bewundern, ebenso auch die erstaunungswürdigen Wirkungen, die in der Natur durch das einfache Gesetz bey der Verdichtung des Wassers bezweckt werden.

Um hohe Grade der Breite bewohnbar zu machen, war es durchaus nöthig, die Pflanzen gegen die verheerenden Wirkungen eines strengen Winters zu schützen: wenn es daher nun gegründet ist, daß wässerige Flüssigkeiten ihre Wärme nur zufolge ihrer innern Bewegungen abgeben, und daß diese Bewegungen bloß durch die veränderte specifische Schwere derjenigen Theilchen der Flüssigkeit entstehen, die Wärme erhalten oder abgeben, so wird Jeder leicht bemerken, wie mächtig die plötzliche Hemmung der Verdichtung des

Was-

Wassers, so wie es sich dem Gefrier-Punkte nähert, dahin wirkt, daß der Saft in den Vegetabilien nicht friert.

Wenn es nun aber zur Erhaltung des Lebens und der Vegetation durchaus nothwendig war, den Boden, die Flüsse, die Seen, und die Bäume gegen die kalten Polarwinde zu schützen, so entsteht die Frage: wodurch denn diese Ueberschwemmung von kalter Luft erwärmt wird? — Ich antworte hierauf, durch die Gewässer des Oceans; und ich halte mich berechtigt anzunehmen, daß er hierzu nicht bloß hauptsächlich bestimmt, sondern auch noch ganz besonders dazu geeignet ist. Das Seewasser enthält nemlich eine Menge Saltz in aufgelösetem Zustande, und wir sahen oben, daß die Salz-Auflösungen bey ihrer Verdichtung durch Kälte ein ganz anderes Gesetz befolgen, als das süße Wasser. Dieser Umstand macht ersteres besonders dazu geschickt, seine Wärme an die rauhen Winde, die über die Oberfläche hin blasen, abzugeben. Da die Verdichtung des Seewassers durch Kälte selbst noch fortdauert, wobey das süße Wasser friert, so sinken die Wassertheilchen auf der Oberfläche, — anstatt nach der Abkühlung bis auf 40° da zu bleiben, und die darunter liegenden wärmern Theilchen abzuhal-

ten,

ten, auch emporzusteigen, und ihre Wärme an die kalte Luft abzusetzen, (wie es beym Erkalten des süssen Wassers geschieht) — sobald sie ihre Wärme abgegeben haben, nieder, und zwingen dadurch die andern wärmern Theilchen aufwärts zu steigen. Durch diese beständige Ersetzung der warmen Theilchen auf der Oberfläche der See, wird der Luft sehr viel Wärme mitgetheilt — mehr noch, als durch eine gleiche Menge süßes Wasser von derselben Temperatur möglich gewesen wäre, so wie aus der folgenden Rechnung erhellen wird.

Wir wollen hier nicht den großen Vorzug, den das Seewasser vor dem süßen voraus hat, in Anschlag bringen, daß ersteres nemlich als Ausgleicher der Luft-Temperatur dient, welches von dem verhältnißmäßig niedrigen Stande seines Gefrier-Punktes herrührt. Vorausgesetzt Erstens daß selbst das Seewasser bey derselben Temperatur von 32° wie das süße Wasser schmilzt; und Zweytens, daß sobald sowohl das süße als Seewasser gefroren, und seine Oberfläche mit Schnee bedeckt ist, dann die Mittheilung der Wärme aus dem Wasser an die Luft beynahe ganz aufhört, (wie es auch wirklich wahr ist); — so wollen wir nun selbst nach dieser Voraussetzung, die größere Masse von Wärme

zu bestimmen suchen, die das Seewasser gegen das süße gehalten der Luft mittheilt, nachdem beyde die Temperatur von 40° erreicht haben.

Sobald das süße Wasser bey seinem Erkalten diesen Grad der Temperatur erhalten hat, so hört seine fernere Verdichtung durch Kälte auf, folglich auch seine innern Bewegungen, und Eis fängt sogleich an sich auf der Oberfläche zu bilden. — Hingegen beym Salzwaßer dauert die Verdichtung so lange fort, als noch Verminderung der Wärme statt hat, weswegen denn auch die innern Bewegungen eben so lange fortgehen; folglich ist es augenscheinlich unmöglich, daß sich hier eher Eis bilden könne, als bis die ganze Massermasse bis auf 32° gesunken ist. Es giebt daher 8° Fahr. mehr Wärme als süßes Wasser ab, ehe es in Eis verwandelt wird.

Um uns eine gehörige Idee von dieser ungeheuern Wärmemasse zu machen, brauchen wir uns bloß an das schon Gesagte zu erinnern, woraus folgt, daß diese Wärmemasse hinreichend wäre, eine Eisdecke $\frac{2}{3}c$ so tief als die ganze See, zu schmelzen. Folglich würde sie in dem Theile der Nord-See (67° Br.) wo Lord Mulgrave eine Tiefe

von

von 4680 Fuß fand, einen Eiskuchen 265 Fuß dick schmelzen können!

Die Wärme nun, die sich bey der Bildung eines jeden □ Fußes Eis entwickelt, würde hinreichen die Temperatur einer darüber liegenden Luft-Schicht 2220 mal so hoch als das Eis wäre; in dem obigen Fall folglich 265 × 2220 F. oder 869 Meilen, um 28° zu erhöhen; oder von der Temperatur des Gefrier-Punktes bis zu 50° Fahr., welches denn auch die jährliche mittlere Temperatur der nördlichen Gegenden von Deutschland ausmacht!

Die Wärme ferner, die jeder □ Fuß bey seiner Abkühlung um 1 Grad an die Luft absetzt, erhöht die Temperatur der darüber liegenden Luft-Schicht, — 44 mal so hoch als das Wasser tief ist, — um 10°. — Hieraus sehen wir nun, wie mächtig der Ocean, der nie als in sehr hohen Breiten friert, dahin wirkt, die von den Polen hereinströmende kalte Luft zu erwärmen. Doch nicht bloß hierinne zeigt der Ocean seine große Nutzbarkeit, sondern er mildert auch noch die brennende Hitze der heißen Zone; — das merkwürdigste aber hierbey ist, daß die beyden Wirkungen desselben, sowohl

die

die große Kälte als Hitze zu mäßigen, derselben Ursache zuzuschreiben sind, nemlich dem Salze, welches er aufgelößt enthält.

Da die Verdichtung des Meerwassers durch Kälte selbst noch lange nach der Temperatur fortdauert, wobey das süße Wasser schon friert, so müssen die Wasser-Theilchen an der Oberfläche, die durch die unmittelbare Berührung der Winde abgekühlt werden, auf den Boden der See niedersinken, wo sie dann so lange ruhen müssen, bis ihre specifische Schwere durch einen neuen Zusatz von Wärme wieder verringert wird. — Allein diesen neuen Zusatz von Wärme können sie in den Polar-Gegenden nie wieder bekommen, denn unzähliche Versuche haben es ausser allen Zweifel gesetzt, daß dort in den innern Theilen der Erde kein wärmeerzeugendes Princip statt hat, welches, indem es Wärme durch den Boden des Ocean aushauchte, dem darüber ruhenden Wasser Wärme mittheilen könnte.

Man hat gefunden, daß die Temperatur tief in der Erde unter verschiedenen Breiten auch verschieden ist. Dieses ist nun auch ohne Zweifel der Fall in Hinsicht der Temperatur auf dem Boden der See, in so fern die Strömungen, die darüber hinfließen, keinen Einfluß darauf haben. Dieses be-

weißt nun, daß die in großen Tiefen vorhandene Wärme, die ohne merkliche Veränderung Sommer und Winter hindurch dauert, der Wirkung der Sonne, und nicht der des Central-Feuer zuzuschreiben ist, wie Einige zu voreilig behauptet haben.

Wenn nun aber das Wasser des Oceans, nach der Beraubung seiner Wärme durch die kalten Winde, auf den Boden der See niedersinkt, und da nicht von neuem wieder erwärmt werden kann, so wird es sich, — da seine specifische Schwere größer ist als die des Wassers unter wärmern Breiten in derselben Tiefe, — sogleich auf den Boden der See ausbreiten, und gegen den Aequator zu strömen. Dieses muß natürlich auf der Oberfläche des Meeres eine Strömung in entgegengesetzter Richtung veranlassen, und wir haben wirklich auch die unläugbarsten Beweise von der Existenz dieser beyden Ströme. Schon die Existenz des einen setzt die des andern voraus.

Der sogenannte Gulph Strom in dem Atlantischen Ocean, ist nichts anders als einer dieser Ströme, der sich von dem Aequator gegen den Nord-Pol zu bewegt, und durch die beständig wehenden Mussons-Winde und durch das feste Land von Nord-

Amerika

Amerika modificirt wird; der andere unten entgegengesetzte Strom zeigt sich durch die Kälte, die die See in den warmen Breiten in einer beträchtlichen Tiefe hat. Dieser Kälte-Grad steht weit unter der gewöhnlichen Temperatur der Erde in jenen Gegenden, und muß sich folglich von kältern Climaten her verbreitet haben.

Die mittlere Temperatur in der Breite von 67° bestimmt Kirwan, (in seiner treflichen Abhandlung über die Temperatur der verschiedenen Breiten) auf 39°; Lord Mulgrave fand aber den 20 Junius, (da die Wärme der Luft 48½° betrug), die Temperatur der See in der Tiefe von 4680 Fuß 6° unter dem Gefrier-Punkte, oder 26° Fahrenh.

Den 31 August betrug in der Breite von 69°, wo die jährliche Temperatur 38° ausmacht, die Temperatur der See in der Tiefe von 4038 Fuß 32°, während die Temperatur der Luft (und wahrscheinlich auch des Wassers auf der Oberfläche der See) 59½° war.

Einen noch vollkommnern, ja ich möchte behaupten, unwiderlegbarern Beweiß von der

Ex-

Existenz der Ströme von kalten Wasser auf dem Boden der See, die von den Polen nach den Aequator zu laufen, giebt der merkwürdige Unterschied der sich unter den Wendekreisen zwischen der Temperatur der See auf der Oberfläche, und in der Tiefe findet.— Denn obgleich die Temperatur der Atmosphäre in jenen Gegenden so fest steht, daß die gröste Veränderung, die die Jahres-Zeiten darinne hervorbringen, selten über 5 oder 6° beträgt; so beläuft sich doch der Unterschied der Wärme des Wassers auf der Oberfläche der See, und in der Tiefe von 3600 Fuß auf nicht weniger als 31°. Die Temperatur auf der Oberfläche betrug nemlich 84°, und die in der angegebenen Tiefe 53° *).

Mir scheint daher die Erklärung der Kälte auf dem Boden der See in den heißen Zonen ohne die Voraussetzung jener kalten Ströme fast unmöglich zu seyn. Der Nutzen jener Ströme, daß sie die ausserordentliche Hitze jener Climaten mäßigen, ist zu klar, um noch einer Erläuterung zu bedürfen.

Diese Ströme werden, wie wir oben sehen, durch die Verschiedenheit der specifischen Schweren des

*) Philosoph. Transactions. 1752.

des Seewassers bey verschiedenen Temperaturen bewirkt. Ihre Geschwindigkeiten müssen sich daher nach den Veränderungen richten, die in der specifischen Schwere des Wassers durch den Wechsel der Temperatur hervorgebracht werden. Hieraus sehen wir nun, um wie viel größer sie in dem Ocean seyn müssen, da er nicht aus süßen, sondern aus Salz-Wasser besteht.

Merkwürdig ist es, daß das Wasser aller grossen Land-Seen, und meistens auch der innländischen Meere (wie der Ost-See) in kalten Climaten, die mit dem Ocean nur durch schmale Kanäle zusammenhängen, süß ist. Wenn wir die Folgen betrachten, die daraus entstehen würden, wenn das Wasser eines großen innländischen Sees (so wie des Oberen Sees (Lat. superior) in Nord-Amerika) so salzig wäre als das Meer, so werden wir sicher schließen können, daß obiges nicht ohne Absicht geschahe.

Obgleich nun zwar das gesalzene Wasser die kalten Winde, die zu Anfang des Winters seine Oberfläche bestreichen, mehr erwärmen würde, und die Luft in den, diesen Winden entgegengesezten Seiten der See dadurch milder als jetzt seyn müste;

so würde doch das Wasser der See, da es eine erstaunliche Menge Wärme abgäbe, ehe sich zu seinem Schutze eine Eisdecke auf seiner Oberfläche bilden könnte, im Frühling dann sehr kalt seyn. Ja es würde diese Kälte selbst den grösten Theil des Sommers noch fortdauern, da es lange Zeit dauern würde, ehe das Wasser die ganze Masse der verlornen Wärme durch die Sonne wieder erhielte. Diese Kälte würde nun die Temperatur der Luft vermindern, und die Vegetation in der umliegenden Gegend beträchtlich hindern; und selbst die einseitige Erwärmung der Luft, durch die ausdunstende Wärme im Winter würde diesen Schaden nicht aufwiegen.

Hat hingegen der Winter recht angefangen, — sind dann die Flüsse und Seen gefroren, und alles mit Schnee bedeckt, so können einige Kälte-Grade mehr oder weniger keinen beträchtlichen Schaden hervorbringen. Höchstens macht es die Bewohner aufmerksam, sich, ihre Hausthiere und Vorräthe vor der strengen Kälte durch Vorsichts-Maasregeln zu schützen. Hat es ja Einfluß auf den nächsten Sommer, so macht es ihn eher kälter als wärmer. Seen von Salzwasser würden daher in den kalten Gegenden den Winter hindurch ohne beträchtlichen

lichen Nutzen, im Sommer aber schädlich seyn; da hingegen die süßen Seen, weil sie gleich zu Anfang des Winters, und ehe noch die ganze Wassermasse bis zum Gefrier-Punkte abgekühlt ist, gefrieren, und so den grösten Theil ihrer Wärme den Winter hindurch behalten. Nutzen sie daher auch in dieser kalten Jahrszeit nicht viel, so haben sie dafür in dem Sommer wenig schädlichen Einfluß.

Ich schließe hier diese Abhandlung, um meine Leser nicht weiter zu ermüden; ich würde sie nicht so weit verfolgt haben, hätte ich sie nicht für sehr merkwürdig und nützlich in diesem zweifelsüchtigen Zeitalter gehalten.

Erklärung der Kupfertafeln.

Erste Tafel.

Diese Tafel stellt das cylindrische Passage-Thermometer vor, welches bey den Versuchen über die fortleitende Kraft der Flüssigkeiten in Hinsicht auf die Wärme gebraucht wurde.

Fig. 1. a, b. zeigt den Durchschnitt des messingenen Cylinders, worinne das Thermometer c, mit dem länglichen kupfernen Behälter ruht.

e. f. ist die gläserne Röhre des Thermometers, die hier wegen Mangel des Platzes bey f. abgebrochen erscheint.

g. ein Korkstöpsel, welcher die messingene Röhre a, b. verschließt, und endlich

h. eine ähnliche Korkscheibe.

Den Raum des messingenen Cylinders unter der Scheibe h. nahm die Flüssigkeit, deren wärmeleitende Kraft man bestimmen wollte, ein. Der Raum von h bis g, wurde mit Eider-Dunen ausgefüllt.

Am untern Ende der Thermometerflasche, sieht man die hölzernen Pflöckchen, die sie fest halten.

Fig. 2. der horizontale Durchschnitt des messingenen Cylinders.

Zweyte Tafel.

Fig. 3. zeigt die Verfahrungsart bey den Versuchen, wo ein Eiskuchen in einem langen Glasgefäße durch das darüberstehende heiße Wasser geschmolzen wurde.

a. Das irdene Gefäß mit gestoßenem Eise und Wasser gefüllt, in welches das Glasgefäß b. gestellt wurde.

c. d. das Niveau der Eis-Oberfläche.

e. f. Niveau des heißen Wassers, welches über dem Eiskuchen stand.

Nachschrift des teutschen Uebersetzers.

Ich halte es für Pflicht sowohl gegen die Wissenschaft als auch gegen den verehrungswürdigen Hrn. Verfasser selbst, hier einiger Zweifel und Einwürfe zu gedenken, welche zwey unserer berühmtesten Physiker dem Hrn. Grf. v. Rumford, gegen seine Theorie über die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten gemacht haben.

Der erste war unser vortrefflicher, für die Wissenschaften leider zu früh verstorbener Prof. Green in Halle, dessen Erinnerungen gegen diese Abhandlung die Leser in seinem Neuen Journale der Physik IV Bd. S. 451 ꝛc. finden.

Der

Der zweyte war Hr. de Luc, dessen Aufsatz sich in Crells chemischen Annalen v. J. 1798. I Bd. S. 288 und 368. befindet; woraus ihn Hr. Prof. Gilbert in Halle aushob, in seine Annalen der Physik I Bd. 4s St. S. 464 ꝛc. aufnahm, und des Hrn. Grf. v. Rumfords Theorie gegen Hrn. De Luc's Angriffe, durch seine schätzbaren Noten vertheidigte.

Es liegt ausser meinem Kreise mich einer Kritik der Einwürfe dieser beyden berühmten Physiker anzumaasen; wozu auch hier kein schicklicher Ort wäre. Rumfords rastloser Eifer für das Beste der Wissenschaft, wird gewiß diese Zweifel beleuchten und heben, und alsdann wird es mir gewiß eine sehr angenehme Pflicht seyn, auch diese Auflösung in der Folge mit hier zu liefern.

VII.

Ueber
die Fortpflanzung der Wärme
in Flüssigkeiten.

Zweyter Theil.

Verschiedene neue Versuche, Bemerkungen und Muthmaßungen über die chemische Verwandschaft und Auflösung, und über das mechanische Prinzip des thierischen Lebens.

I. Capitel.

Erzählung des besondern Umstandes, der den Verfasser bewog, dieses und die folgenden Kapitel zu der zweyten Ausgabe dieses Essay's hinzuzufügen. — Fortsetzung der Versuche und der Untersuchungen seines Gegenstandes. — Oehl ist ein Nichtleiter der Wärme. — Queckſilber ist ebenfalls ein Nichtleiter der Wärme. — Wahrscheinlichkeit, daß alle flüssige Körper Nichtleiter der Wärme sind, und daß diese Eigenthümlichkeit zum Wesen der Flüssigkeit gehöre. — Die Kenntniß der Thatsache kann uns in den Stand setzen, richtigere Vorstellungen von der Natur der mechanischen Operationen erhalten zu können, die bey den chemischen Auflösungen und Verbindungen; bey dem Prozeße der Vegetation und bey den verschiedenen Veränderungen statt finden, die in der thierischen Oekonomie durch die Lebenskräfte bewirkt werden. — Die Schnelligkeit der Auflösung ist kein Beweis von der Existenz der chemischen Verwandschaft. — Schichten von süßem und salzigem Wasser können auf einander in wirklicher Berührung ruhn, ohne sich zu vermischen. — Wahrscheinlichkeit, daß das Wasser auf dem Grunde der süßen Seen, die sehr tief sind, wirklich salzig seyn möge.

Herr Professor Pictet hat am Schlusse der französischen Uebersetzung, die er von diesem Essay, so

weit

weit er zuerst erschienen war, zu Genf herausgab, folgende Stelle aus einem meiner Briefe vom 9ten Juni 1797, worin ich ihm zugleich die Wiedererhaltung meines ihm geliehenen Manuscripts bescheinigte, angehängt.

„Es würde mich sehr gewundert haben, hätte mein siebenter Essay Sie nicht interessirt; denn ich für meinen Theil empfand in meinem Leben kein größeres Vergnügen, als da ich die Versuche anstellte, die darin beschrieben sind. Vielleicht wird es Sie überraschen, wenn ich Ihnen sage; daß ich ein ganzes Capitel voll interessanter Spekulationen zurück behalten habe, lediglich in der Absicht, um Andern ein anlockendes Feld belohnender Nachforschung unberührt zu überlassen, und um der Schlußbetrachtung, die ich bey weitem für die wichtigste unter allen von mir bekannt gemachten halte, mehr Nachdruck zu geben."

Da diese Aeußerungen, (die ursprünglich nicht für das Auge des Publikums bestimmt waren) verschiedentlich können gedeutet werden; so halte ich es für meine Pflicht, sie nicht allein auszulegen, sondern auch das Publikum genau damit bekannt zu machen, wie weit ich mit meinen Untersuchungen

in

in der Nachforschung dieses vorhabenden Gegenstandes gekommen bin. Dies ist eine Handlung der Gerechtigkeit, die ich denen schuldig bin, die vielleicht mit denselben Nachforschungen beschäftigt sind. Denn es würde sehr unedel seyn, wenn ich durch Winke von wichtigen, zurückbehaltenen Entdeckungen, ihnen die Ehre der ersten Auffindung ihrer vielleicht noch bevorstehenden Entdeckungen zweifelhaft machte. Dies würde nur dazu dienen, den Geist der Untersuchung niederzuschlagen, nicht aber ihn aufzumuntern und die Hinwerfung solcher Winke würde mir das Ansehn geben, als lauerte ich darauf, die schönen Früchte der Arbeiten Anderer mir zueignen zu wollen. Ich kann daher nicht eher ruhn, als bis ich gezeigt habe, daß ich den Verdacht solcher elenden Absichten nicht verdiene.

Mein würdiger Freund, der Professor Pictet, hat gewiß aus keiner Stelle meines an ihn geschriebenen Briefes einen solchen schlechten Verdacht gegen mich geschöpft; aber die, die weniger mit meinem Karakter bekannt sind, möchten vielleicht nicht so geneigt seyn, der Reinheit und Uneigennützigkeit meiner Absichten ohne Beweise zu trauen.

Die in meinem Briefe enthaltne Behauptung, „daß ich ein ganzes Capitel voll interessanter Spe-

ku-

kulationen zurückbehalten habe, lediglich in der Absicht, um Andern ein anlockendes Feld belohnender Nachforschung unberührt zu lassen" ist in der That völlig wahr und wird sich, wie ich mir schmeichle, durch das, was ich nun dem Publikum vorlegen werde, auch als solches beweisen. Eben so bin ich überzeugt, daß man die Gründe, warum ich dies thun wollte, billigen werde, wenn man sich nur die Mühe giebt, sie mit Aufmerksamkeit zu erwägen.

Nachdem ich, wie ich hoffte, eine neue und sehr reizende Aussicht den Freunden der Naturwissenschaft eröffnet hatte, so befürchtete ich, wenn ich mit der Bekanntmachung meiner Nachforschungen zu weit gienge, daß Andere sich begnügen möchten, meinen Fußstapfen nachzugehn, statt durch sich selbst neue Wege aufzusuchen und daß folglich viele, ja wahrscheinlich die interessantesten Theile dieses neuen Gefildes der Wissenschaft auf eine lange Zeit noch unerforscht bleiben möchten. Was den Ruhm anbetrift, ein Entdecker in den Fortschritten des menschlichen Wissens zu seyn, so freu' ich mich zwar sehr über ihn, und empfinde das süßeste Vergnügen, wenn ich mir die Vortheile denke, die die Menschheit durch die Einführung nützlicher Verbesserungen erhalten kann: aber ich kann auch mit Aufrichtigkeit sagen,

daß

daß ich keinen sehr hohen Werth dieser Ehre beylege, zuerst auf diese Schätze gestoßen zu seyn; weil sie überall nur so leicht und seicht bedeckt liegen.

In Rücksicht „der Schlußbetrachtung" der ersten Ausgabe dieses Essay's, schäm' und fürcht' ich mich nicht, trotz dem, daß Manche darüber mitleidig lächeln oder verdrüßlich aussehn werden, zu bekennen; daß ich den Gegenstand für äußerst wichtig für die Ruhe, Ordnung und Glückseligkeit des Menschengeschlechts in unserm gegenwärtigen, weit vorgerücktem Zustande der bürgerlichen Gesellschaft, halte. Doch es ist Zeit von diesen Ausschweifungen wieder zurück zu kehren.

Die wichtige Thatsache meiner Untersuchung, welche die Art und Weise betrift, in der sich die Wärme in den Flüssigkeiten fortpflanzet, schien mir zwar völlig durch die Versuche, von denen ich in den vorhergehenden Capiteln dieses Essay's einen Bericht abgestattet habe, ins Klare gebracht zu seyn; da aber die gänzliche Erforschung dieses Gegenstandes, in vielen Rücksichten eine Sache von der grösten Wichtigkeit ist, so blieb ich hier mit meinen Untersuchungen nicht stehn; sondern stellte noch eine Anzahl Versuche mit der Absicht an, noch mehreres Licht auf

diesen

diesen Gegenstand zu werfen, damit wir dadurch in den Stand gesezt würden, uns recht klare und deutliche Ideen von den sonderbaren mechanischen Operationen bilden zu können, die bey der Fortpflanzung der Wärme in der Flüssigkeit Statt zu finden scheinen.

Wenn ich in eine Schale, die mit einer Frost erregenden Mischung angefüllt war, ein Glas mit Wasser setzte, so hatte ich schon mehrmals bemerkt; daß, so bald als das Eis an den Seiten des Glases zuerst anzuschießen und nach und nach an Dicke zuzunehmen anfieng, das in der Axe des Glases befindliche Wasser (das seine Flüssigkeit am längsten behielt) von der Ausdehnung des Eises zusammen gedrückt und gegen das Ende des Prozesses immer in die Höhe getrieben wurde und endlich in Gestalt einer Spitze oder Warze gefror, die zuweilen mehr als einen halben Zoll hoch über die Oberfläche der Eisscheibe in ihrer Mitte hervorragte. — Dieses veranlaßte mich, folgende interessante Versuche anzustellen.

55ster Versuch.

Auf den Boden eines langen cylindrischen Glases von 4¾ Zoll im Durchmesser, war eine Eisschei-

be

be von 3 Zoll Dicke angefroren, in deren Mitte eine, einen halben Zoll hohe, Spitze oder Warze hervorragte. Das Glas, das in einer irdnen Schüssel stand und von aussen bis 1 Zoll über die Höhe der Eisscheibe mit einer Mischung aus zerstoßenem Eise und Wasser umgeben war, wurde nahe am Fenster auf einen Tisch gestellt; in einer Stube, deren Luft die Temperatur von 31° nach Fahrenheit besaß, und nun wurde von feinem Olivenöhl, das man vorher bis zu 32° Fahrenheit abgekühlt hatte, soviel in das Glas gegossen, bis es 3 Zoll hoch über der Oberfläche des Eises stand.

Darauf wurde ein in kochendem Wasser bis zu der Temperatur von 210° erwärmter massiver Cylinder aus Schmiedeeisen, der 12 Zoll lang und $\frac{5}{4}$ Zoll dick war, und sich mittelst eines Hakens senkrecht aufhängen ließ, schnell in eine an ihm anpassende Scheide von dickem Papier geschoben; diese war nach oben und unten zu offen und ungefähr $\frac{1}{10}$ Zoll länger als der Cylinder, dem sie zur Erhaltung der Wärme als eine Bekleidung diente. Der Cylinder wurde darauf an einem Dochte, der von der Decke der Stube herabhieng, gerade über der Mitte des Glases aufgehängt und nach und nach sehr langsam in das Oehl so weit herabgelassen, bis daß der Mit-

telpunkt seiner glatten Grundfläche, nur in einer Entfernung von $\frac{2}{10}$ Zoll, senkrecht über der konischen Eisspitze schwebte; die papierne Scheide reichte noch um $\frac{1}{10}$ Zoll tiefer herab.

Da das Oehl sehr durchsichtig war und das Glas in einem günstigen Lichte stand; so konnte die konische Eisspitze vollkommen deutlich gesehen werden; selbst da noch, als der heiße Cylinder in das Glas herabgelassen war. Hätte sich irgend ein Theil der Wärme herabwärts durch die dünne Lage des flüssigen Oehls verbreitet, die sich zwischen der heißen Grundfläche des Eisens und der Eisspitze befand; so muste ohne allen Zweifel diese Wärme durch die Schmelzung des Eises sichtbar werden, die sich sicher durch die Verminderung der Höhe, oder durch eine Veränderung der Gestalt der Eisspitze offenbahrt hätte. Dies war aber nicht der Fall; die Eisspitze wurde durch das heiße benachbarte Eisen nicht im geringsten vermindert noch in ihrer Gestalt verändert.

Uebrigens war, was sich meine Leser auch ohne meine Erwähnung denken werden, bey der sachten Herablassung des Cylinders in das Glas die gröste Sorgfalt angewendet worden, das Oehl nicht in

schwan-

schwankende Bewegungen zu bringen; eben so waren auch Vorkehrungen getroffen, wodurch der Cylinder in seiner gehörigen Stellung fest und bewegungslos gehalten wurde.

Da, nach meiner Meynung, gegen diesen Versuch sich nichts einwenden läßt, und sein Resultat ganz unzweydeutig und entscheidend ist, so habe ich zur bessern Vorstellung dieses Versuchs noch das Kupfer Fig. 4. hinzugesezt, worin im Durchschnitt der ganze dabey gebrauchte Apparat klar und deutlich dargestellt ist.

Wenn das Hauptresultat der in den beyden ersten Capiteln dieses Essay beschriebenen Versuche Grund zu schließen darbot, daß das Wasser ein Nichtleiter der Wärme ist; so beweißt der hier beschriebene Versuch gewiß sehr genügend, daß das Oehl ebenfalls ein Nichtleiter der Wärme ist: und dient noch dazu, um noch einen höhern Grad der Wahrscheinlichkeit für die Vermuthung hervorzubringen, daß alle Flüssigkeiten nothwendigerweise Nichtleiter der Wärme sind.

Da das Queckſilber, als ein Metall im flüssigen Zustande, in vielen Rücksichten von allen an-

dern Flüssigkeiten sehr verschieden ist; so war ich sehr begierig zu erfahren, ob es mit diesen in dieser wesentlichen Eigenschaft, weshalb ich sie Nichtleiter der Wärme genannt habe, übereinstimme und ich fand durch das Resultat des folgenden, entscheidenden Versuches, daß dies wirklich der Fall sey.

56ster Versuch.

Nachdem ich das in dem vorher erwähnten Versuche gebrauchte Glas ausgeleert und gereinigt hatte, so füllte ich es wieder mit einer frischen Eisscheibe, in deren Mitte ebenfalls eine konische Eisspitze hervorragte. Das Glas wurde wieder mit einer Mischung aus gestoßenem Eise und Wasser umgeben und in derselben kalten Stube auf den Tisch gestellt. Nun wurde so viel eiskaltes Queckfilber in das Glas hineingegossen, daß es ungefähr 1 Zoll hoch über die Eisscheibe stand. Die Oberfläche des Queckfilbers ward zuvor mit Löschpapier gereinigt worden und nachdem ich es ungefähr eine Stunde lang ruhig hatte stehen lassen, so senkte ich den erwärmten eisernen, in seine papierne Scheide geschobnen Cylinder vorsichtig in das Queckfilber hinein, befestigte ihn in seiner Stellung und ließ

ihn

ihn so mehrere Minuten lang in einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Zoll gerade über der Eisspitze hängen.

Es ist nothwendig zu erwähnen, daß die Papierscheide, worin sich der heiße Cylinder befand, wiederum $\frac{1}{10}$ Zoll tiefer als die Grundfläche des Cylinders hinabhing; um den innern Bewegungen in der Masse des Queckſilbers vorzubeugen, die sonst durch das Emporsteigen und Verbreiten der Partikeln des Fluidi, die durch die Berührung des heißen Eisens erwärmt und specifisch leichter geworden waren, nothwendig hätten entstehn müssen. Diese Vorsicht war ebenfalls auch und derselben Ursache wegen in dem vorhergehenden Versuche angewendet worden, wo Oehl statt des Queckſilbers genommen war: ich habe sie da zwar auch erwähnt, aber nicht ihren Grund angegeben.

Da die Eisscheibe, auf der das Queckſilber ruhte, sich genau in der Temperatur befand, worin das Eis durch den möglichst geringsten Grad hinzukommender Wärme schmelzen muß; so mußte in diesem Versuche, wenn sich nur etwas Wärme herabwärts durch das Queckſilber hindurch hätte verbreiten können, Wasser erzeugt werden und dieses Wasser hätte bey der Hinwegnehmung des Cylinders

auf der Oberfläche des Queckſilbers ſich zeigen müſſen: aber es war auch nicht der geringſte Anſchein von Schmelzung des Eiſes zu entdecken.

Um auszufinden, ob die Eisſcheibe ſich auch wirklich in der Temperatur befand, worin ſie durch den geringſten Grad hinzukommender Wärme zum Schmelzen gebracht werden müſſe; ſo berührte ich unter dem Queckſilber das Eis mit der Spitze meines Fingers; und dieſer Verſuch entfernte alle meine Zweifel; denn ſo geſchickt und ſchnell ich dies auch that, ſo war es mir doch nicht möglich das Eis zu berühren, ohne daß ſich nicht ſogleich, wenn ich meinen Finger wegnahm, Spuren von erzeugtem Waſſer auf der klaren und glänzenden Oberfläche des Queckſilbers zeigten.

Aus den Reſultaten aller dieſer mit Verſuchen angeſtellten Nachforſchungen glaube ich mit Sicherheit ſchließen zu können: — daß Waſſer, Oehl und Queckſilber vollkommene Nichtleiter der Wärme ſind; oder daß von dem Augenblicke an, wo dieſe Stoffe die Form der Flüſſigkeit annehmen, alle wechſelſeitige Abtretung und Mittheilung der Wärme unter ihren Theilchen, und aller unmittelbarer Uebergang der Wärme von einem Theilchen zum andern, ſchlechterdings unmöglich wird.

Daß dies auch von den Theilchen der Luft gelte, und also auch diese ein ausserordentlich unvollkommener Wärmeleiter sey; das habe ich in einer meiner Abhandlungen über die Wärme, die in den Transactions of the Royal Society abgedruckt ist, wie ich glaube nicht allein wahrscheinlich gemacht, sondern auch bewiesen: und ebenso habe ich in meinem sechsten Essay gezeigt; daß man vielen Grund zu schließen hat: daß auch den Theilchen des Dampfs und der Flamme dieselbe Eigenschaft zukomme.

Wenn aber alle wechselseitige Mittheilung und aller unmittelbarer Uebergang der Wärme von einem Theilchen zum andern, oder de proche en proche, in so vielen elastischen und unelastischen Flüssigkeiten, — die noch dazu in vielen andern Rücksichten so wesentlich von einander unterschieden sind, — schlechterdings unmöglich ist; sollte dies uns nicht zu dem Schlusse hinlänglich berechtigen; — daß diese Eigenthümlichkeit allen flüssigen Körpern gemein sey; — ja daß sie sogar zum Wesen der Flüssigkeit selbst gehöre.

Man begreift leicht, daß die Entdeckung einer so wichtigen Thatsache viel in unsern Vorstellungen über die mechanischen Wirkungen der Natur, die bey

vielen

vielen ihrer groſsen Phänomenen Statt finden, und über die noch intereſſantern chemiſchen Operationen, die wir wohl lenken, aber nicht erklären können, ändern muß.

In meiner oben erwähnten Abhandlung über die Wärme, die in den Philoſophical Transactions für das Jahr 1792 ſteht, habe ich aus der Anwendung dieſer Entdeckung von der nichtleitenden Kraft der Luft, das Warmhalten der Thierhaare; — der Federn der Vögel; — der künſtlichen Bekleidung; — des Schnees, dieſes Winterkleides der Erde; — und eben ſo auch die Urſache der kalten Winde, die von den Pol-Gegenden kommen; und ihrer verſchiedenen Richtungen in den verſchiedenen Gegenden, die zu Ende des Winters und während der erſten Zeit des Frühlings ſtatt finden, zu erklären geſucht.

In meinem ſechſten Eſſay (über die Regierung des Feuers und Oekonomie des Brennmaterials) benutzte ich die Erfahrung von der nicht-wärme-leitenden Kraft des Dampfes und der Flamme zur Erklärung der Wirkungen des Löthrohrs, durch welche die Kraft der reinen Flamme vermehrt wird, und zur Aufſuchung der vortheihafteſten Geſtalten der Kochgefäße. In dem dritten Capitel dieſes

Essay habe ich die Entdeckungen von der Art und Weise, wie die Wärme im Wasser fortgepflanzt wird, dazu angewendet um daraus zu zeigen; welcher Mittel sich der Schöpfer der Welt wahrscheinlich bedient hat, um die Temperaturen der verschiedenen Climate gleichmäßiger zu machen und die schlimmen Folgen allzugroßer Wärme und Kälte auf der Oberfläche der Erdkugel zu verhindern. Aber noch ist eine sehr interessante Anwendung dieser Entdeckungen übrig, die nämlich, welche sich auf Chemie, Vegetation, und thierische Oekonomie machen läßt: und ich bitte um Erlaubniß, diese den Kennern dieser Wissenschaften auf das ernstlichste empfehlen zu dürfen.

Sie wird, wenn ich mich nicht sehr irre, ein neues Licht über viele der geheimnisvollen Naturprozesse werfen, in welchen leblose Körper in Bewegung gesetzt, ihre Gestalten verändert, ihre Bestandtheile getrennt und in neue Verbindungen gesetzt werden; und es ist möglich, daß sie uns in den Stand setzt, durch mechanische Prinzipien die wunderbaren Erscheinungen der Wahlanziehungen der Körper erklären zu können, die man chemische Verwandtschaften zu nennen pflegt und die noch Niemand zu erklären versucht hat. Vielleicht findet man

so,

so, daß alle Veränderungen des Zustandes jedes Stoffs lediglich durch die Wärme allein hervorgebracht werden; daß jede Concretion ein wahres Gefrieren ist, durch Kälte oder Verminderung der Wärme bewirkt; daß, umgekehrt, jeder Uebergang aus dem festen Zustande in den flüssigen ein wahres Schmelzen ist; daß die Verkalkungen der Metalle auf trocknem und nassem Wege sich wirklich viel weniger von einander unterscheiden, als man bisher glaubte und daß kein Metall aufgelößt wird, bevor es nicht zuerst geschmolzen ist.

Eben so wird man vielleicht finden; daß die scheinbare Heftigkeit, mit der gewisse feste Stoffe von ihren flüssigen Auflösungsmitteln angegriffen werden, und die man, wie ich glaube, als einen Beweis der starken chemischen Verwandschaft betrachtete, nicht einer besonders starken Wahlverwandschaft oder Anziehung, sondern dem beträchtlichen Grade von Wärme oder Kälte, der bey ihrer Vereinigung mit ihren Auflösungsmitteln entsteht; oder der großen Verschiedenheit in der specifischen Schwere der Theilchen des Auflösungsmittels zuzuschreiben sey; welche Verschiedenheit, sowohl durch die Wärme, als durch die theilweis erfolgende Sättigung hervorgebracht wird.

Wenn

Wenn die flüssigen Körper Nichtleiter der Wärme sind, so folgt daraus nothwendig; daß bey jeder chemischen Auflösung in dem Auflösungsmittel selbst, durch jeden Wechsel der Temperatur hinauf- und hinabsteigende Ströme hervorgebracht werden müssen, deren Geschwindigkeit von der größern oder geringern Veränderung der Temperatur abhängt: und da diese Ströme immer von neuem frische Theilchen des Auflösungsmittels mit dem festen Körper in Berührung bringen, so ist es klar, daß, bey übrigens gleichen Umständen, die Schnelligkeit, womit der Prozeß des Auflösens vor sich geht, sich nach der Geschwindigkeit dieser Ströme, oder der Veränderung der Temperatur richten muß.

Wahrscheinlich tragen aber noch mehr als diese durch die Veränderung der Temperatur entstandene Ströme zur Beschleunigung des Auflösungsprozesses, die Ströme bey, die durch die Verschiedenheit der specifischen Schwere entstehn, die zwischen den Theilen des Fluidi; die noch nichts aufgelößt haben und denen, die schon gesättigt sind, Statt findet.

Wenn diese beyden Ursachen sich zur Beschleunigung der Bewegung ein und desselben Stromes vereinigen, oder wenn ihre Tendenzen dieselbe Richtung

tung haben, wie das der Fall bey der Auflösung des gemeinen Kochsalzes im Wasser ist, so muß die Auflösung sehr schnell vor sich gehn.

Wenn Kochsalz in Wasser aufgelößt wird, so ist die specifische Schwere der gesättigten Auflösung größer, als die des reinen Wassers; daher muß die Auflösung in ihm niedersinken: und da in diesem Prozesse Kälte erzeugt wird, und das Wasser ein Nichtleiter der Wärme ist, so wird die specifische Schwere der gesättigten Auflösung durch die von der Kälte bewirkten Verdichtung immer mehr vermehrt und folglich auch ihr Fall im Wasser immer mehr beschleunigt.

Hier bietet sich eine interessante Frage dar; deren Auflösung zur Aufklärung dieses dunkeln Gegenstandes der Naturwissenschaft sehr viel beitragen würde; nämlich die: ob wohl in der Mischung einer festen Substanz mit einem flüssigen Auflösungsmittel, wobey Wärme erzeugt wird, der Prozeß des Auflösens vor sich gehen könne; wenn die durch chemische Vereinigung mit Theilen des festen Körpers entstandne Vermehrung der specifischen Schwere des Auflösungsmittels, genau der durch die Wärme bewirkten Verminderung seiner specifischen Schwere

das Gleichgewicht hielte, und so also der erwärmte gesättigte Theil des Auflösungsmittels mit dem kalten genau ein und dieselbe spezifische Schwere besäße?

Wenn die anscheinende Tendenz sich einander zu nähern, die wir zuweilen zwischen festen Körpern und ihren Auflösungsmitteln wahrnehmen, wirklich Statt fände; — wenn es wirklich eine chemische Anziehung gäbe, dergleichen man bisher allgemein angenommen hat, die auf dem Wege der Wahlverwandtschaft über die wirkliche Berührung hinauswirken soll, so müste wahrscheinlich auch unter diesen Umständen die Auflösung vor sich gehn. Sollte aber diese Anziehung nicht als etwas Selbstständiges in der Natur gegründet seyn, sondern bloß auf dem hier erklärten Phänomen beruhn; so ist es ausser allen Zweifel, daß die Auflösung, ob sie gleich nicht absolut unmöglich wäre, doch in diesem Falle so langsam vor sich gehen müste, daß man sie kaum bemerken würde.

Absolut unmöglich würde die Auflösung deshalb nicht seyn; weil die in Berührung mit dem festen Körper stehenden Theilchen des Auflösungsmittels, wenn sie auch in dem Moment ihrer Sättigung keine Tendenz zur Verlassung ihrer Stellen

hätten,

hätten, doch nach und nach einen Theil ihrer in dem chemischen Prozesse erworbnen Wärme, dem unaufgelösten Theil des festen Körpers abtreten und wegen dieses Verlustes der Wärme niederfallen müsten; hierauf würden nun frische Theilchen des Auflösungsmittels in ihre Stelle treten, bis dann auch mit ihnen dieselbe Veränderung vorgienge. Die Schnelligkeit des Fallens dieser Theilchen würde indeß beständig abnehmen; theils wegen der stufenweisen Vermehrung der Temperatur des unaufgelößten Theils des festen Körpers; theils wegen der Wärme, die von diesem festen Stoffe der ganzen Masse des flüssigen Auflösungsmittels mitgetheilt werden würde.

So außerordentlich schwer es auch seyn müste, einen Versuch ausfündig zu machen, dessen Resultat eine genügende Entscheidung dieser Frage geben könnte; so scheint es doch nicht unmöglich zu seyn, auf indirekte Weise die Hauptsache zu entdecken, von der ihre Entscheidung abhängen muß.

Es ist eine bekannte Thatsache; daß wenn man Wasser, das Seesalz in sich aufgelöst enthält, in einem Gefäße mit süßem Wasser vermischt; nach einer kurzen Zeit das Salz in jedem Theile der ganzen

Masse

Masse sehr gleichförmig vertheilt gefunden wird: und wie ich glaube, hat man diese gleiche Vertheilung des Salzes der vorgeblichen Verwandtschaft des Seesalzes mit dem Wasser zugeschrieben.

Da ich die Existenz dieser vermeintlichen Anziehung bezweifelte, und diese gleiche Vertheilung des Salzes von einer ganz andern Ursache; nämlich von den durch die zufälligen Veränderungen der Temperatur in den Theilchen des Wassers bewirkten Bewegungen herleitete, — so machte ich folgenden Versuch, der nach meiner Meinung entscheidend zu seyn scheint.

57ster Versuch.

Ich sezte ein cylindrisches Glas von $4\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser und $7\frac{3}{4}$ Zoll Höhe, in die Mitte eines andern $7\frac{1}{2}$ Zoll weiten und 8 Zoll hohen cylindrischen Glases, und dieses in eine sehr seichte irdene Schüssel, die mit zerstoßenem Eise und Wasser beynahe vollgefüllt war. Diesen Apparat stellte ich auf einen festen Tisch in einer unbewohnten Stube, des entlegensten Theils des Hauses, deren Temperatur fast beständig, Tag und Nacht dieselbe, nemlich ungefähr 36° nach Fahrenheit war. Zuvor hatte

ich

ich eine Quantität der stärksten Auflösung des Kochsalzes in Wasser, die sehr klar, durchsichtig, vollkommen farbenlos und eiskalt war, zubereitet, und eben so auch zuvor eine Quantität süßes, reines, eiskaltes Wasser mit Tourhesolläppchen schwachroth gefärbt. Zuerst goß ich in das innre cylindrische Glas so viel von dem süßen Wasser, bis daß es über 2 Zoll hoch damit angefüllt war; denn, mittelst eines gläsernen Trichters, dessen enge Mündung auf den Boden des Glases gestellt wurde, eben so viel von der Kochsalz-Auflösung. Es wurde bey dieser Operation die gröste Vorsicht gebraucht, daß durch die Hineingießung der Kochsalz-Auflösung, das schon im Glase befindliche Wasser nicht in innere Bewegung gesezt wurde. Wie das geschehen war, so blieb das süße Wasser, das wegen seiner schwachrothen Farbe leicht zu unterscheiden war, völlig abgesondert von dieser schwereren Salz-Auflösung; auf der es ganz ruhig stund, und es zeigte auch nicht den geringsten Anschein einer Geneigtheit sich mit derselben vermischen zu wollen.

Nun füllte ich den Zwischenraum zwischen den beyden Gläsern mit großen Eisstücken, (denn zerstoßenes Eis würde die Durchsicht verhindert haben,) und mit eiskaltem Wasser zu einer Höhe von

un-

ungefähr 5 Zoll an, und übergoß endlich die Oberfläche des gefärbten Wassers des innern Glases sehr sorgfältig mit eiskaltem Oliven-Oehle; so daß dieses ungefähr 1 Zoll hoch stand *). (Siehe Fig. 5. Taf. IV.) Ich sezte mich nun selbst an diesen Tisch, in einer Stellung, in der ich den Inhalt des innern Glases ganz deutlich übersehen konnte; um so das Resultat dieses Versuchs zu beobachten.

Nachdem ich über eine Stunde gewartet hatte, ohne den geringsten Anschein einer Bewegung zwischen der Salz-Auflösung und dem süßen Wasser, und einer wechselseitigen Vermischung derselben zu bemerken; so verließ ich die Stube.

Den nächsten Tag darauf fand ich alles genau noch in demselben Zustande, wie ich es verlassen hatte: und in diesem Zustande blieb die Mischung vier Tage lang, ohne die geringste Veränderung noch Neigung dazu zu zeigen.

Da ich jede Verlängerung des Versuchs nun für gänzlich unnütz hielt, so nahm ich nach Verlauf dieser

*) Dieses Oehl diente nicht allein dazu, um das Wasser, auf dem es ruhte, ruhig zu erhalten; sondern auch zur Verhinderung aller Mittheilung der Wärme zwischen dem Wasser und der Luft der Atmosphäre.

dieser Zeit das kleine Gefäß heraus und sezte es, ohne es zu erschüttern, an das Fenster einer geheizten Stube.

Noch war keine Stunde vorbei, so bemerkte ich schon, daß das Salzwasser und das gefärbte süße Wasser sich zu vermischen anfiengen und nach 24 Stunden waren sie, wie man aus der überall gleich röthlichen Farbe der ganzen unter dem Oehle befindlichen Masse ersehn konnte, auf das innigste, durch und durch, vermischt.

Ich überlasse es den Physikern, aus den Resultaten dieser Versuche ihre eignen Schlüsse zu ziehn. Nur ein Resultat, das daraus hervorzugehen scheint, will ich erwähnen, weil es nicht allein an sich selbst bemerkungswerth ist, sondern auch zu wichtigen Entdeckungen leiten kann. Dieser Versuch scheint mir nämlich starke Gründe zu dem Schlusse darzubieten: daß, wenn ein See recht tief ist, das Wasser nahe an der Oberfläche desselben, selbst dann süß seyn müste, wenn auch der Grund des Sees aus einer festen Masse von Steinsalz bestünde.

Sollte es wohl lächerlich seyn, wenn man durch Versuche zu erfahren suchte, ob das Wasser auf dem

dem Boden einiger sehr tiefen Seen mit Salz geschwängert ist? Fände sich dies wirklich so; welch ein unerschöpflicher Schatz würde dieß dann für eine Gegend des festen Landes seyn, wo das Salz rar ist.

Da man oft Gänge von Steinsalz in der Nachbarschaft süßer Seen gefunden hat; so läßt es sich wohl mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Gewässer derselben hin und wieder mit Lagen dieses Minerals in Berührung stehen mag. Als ich zuerst über diesen Gegenstand nachzudenken anfieng, so wunderte ich mich nicht darüber, daß man das Salzwasser, das sich auf dem Grunde eines süßen Sees befinden kann, noch nicht entdeckt habe; denn ich sahe wohl sogleich ein, daß in dem ordentlichen Lauf der Dinge dies nicht so leicht sich zeigen, ja auch nicht einmal Gründe für die Vermuthung seines Daseyns darbieten könnte: aber darüber erstaunte ich, daß Seen mit salzigem Wasser nicht häufiger gefunden werden; da doch die Gänge des Steinsalzes gewöhnlich über der mittleren Horizontal-Fläche einer Gegend zu liegen pflegen. Da diese Betrachtungen mich eben beschäftigten, als ich es als einen deutlichen Beweis der Weisheit und Güte des Schöpfers entdeckt zu haben glaubte,

daß er in den kalten Gegenden alle Seen mit süßem Wasser gefüllt habe; so fiengen die schlimmen Folgen, die daraus entstehen möchten, wenn durch einen leicht zu ereignenden Zufall ein solcher See mit einem Salzgebürge in Verührung käme, mich sehr zu beunruhigen an.

Soll ich es, — oder soll ich es nicht versuchen, meinem Leser einen Begriff von dem zu geben, was ich fühlte, als in den Gedanken und in der Bekümmerniß über diesen Gegenstand, die von Vielen bereits als ein thörichter Traum einer enthusiasmirten Einbildungskraft verlacht seyn mag, — ich auf einmal gewahr wurde, daß die allerwirksamsten Mittel getroffen sind, um diesen Uebeln, die ich befürchtete, vorzubeugen; daß selbst nach der Grundlage aller Dinge, und der gewöhnlichen, einförmigen Operation der bekannten Gesetze der Natur die beständige Existenz eines Sees, der Salz auf seiner Oberfläche besäße, schlechterdings unmöglich ist, selbst auch dann, wenn er von allen Seiten mit Salzgebürgen umgeben wär.

Wenn auch durch den Ausbruch eines Vulkans, eines Erdbebens, oder irgend einer andern großen Zerrüttung, die Ufer eines Sees mit einer großen

Lage

Lage von Steinsalz in Berührung gebracht und dadurch auch die ganze Masse seines Wassers auf eine Zeit lang salzig gemacht würde; so würde doch dies Uebel bald sein eignes Heilmittel von selbst bewirken. Das Einfallen der Erd- und Stein-Kruſten, womit alle Salzgänge bedekt gefunden werden, (und ohne die sie auch nicht existiren könnten), würde bald das nakte Salz bedecken und das Wasser auf der Oberfläche der See würde wieder vollkommen süß werden. Sollte indeß der See so tief sey, daß auf dem Boden die Temperatur, Winter und Sommer hindurch, ohne merkliche Veränderung dieselbe bliebe; so ist es außer allen Zweifel, daß hier sein Wasser auf immer vollkommen mit Salze gesättigt bleiben würde.

Giebt es nicht aber Gründe zu schließen, daß das Wasser auf dem Boden eines jeden Sees nothwendig salzig seyn muß, selbst in den Gegenden, wo sich keine Salzminen in ihrer Nachbarschaft befinden?

Die See-Muscheln, die man häufig in den hohen Gegenden des festen Landes gefunden hat, so wie manche andre Erscheinungen, deuten sehr stark darauf hin, daß der größte Theil des festen Landes

einst von dem Wasser des Ozeans ist bedeckt gewesen. Ist dies nun wirklich einmal der Fall gewesen, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß, so entfernt auch der Zeitpunkt seyn mag, in dem sich dieses ereignet hat, Salzwasser, das der Ozean bei seinem Abflusse auf dem Boden der tiefen Seen zurückließ, vermuthlich noch jetzt dort vorhanden ist.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne zuvor noch zu bemerken, daß die Entdeckung von der Unmöglichkeit des dauernden Bestandes dessen, was offenbar ein Uebel seyn würde, gewiß nicht unsre Bewunderung der Weisheit des großen Baumeisters der Welt vermindern kann.

II. Capitel.

Wasser wird auf seiner untern Fläche zum Gefrieren gebracht. — Beobachtungen über die Entstehung des Grundeises in den Flüssen. — Gründe, warum die Wärme sich in keiner Flüssigkeit ganz gleich verbreiten kann. — Beständige Bewegungen, die durch die ungleiche Verbreitung der Wärme in den Flüssigkeiten hervorgebracht werden. — Durch die innere Bewegung, in die die Flüssigkeiten bey der Fortpflanzung der Wärme versetzt werden, wird ein unbegreiflich schnelles Auf- und Absteigen ihrer Theilchen bewirkt. — Versuch, die Anzahl dieser Abwechselungen in einer gegebnen Zeit schätzen zu können. — Diese Untersuchungen ändern sehr unsre Vorstellungen von dem wahren Zustande der in scheinbarer Ruhe sich befindenden Flüssigkeiten. — Flüssigkeit kann das Leben der leblosen Körper genannt werden. — Muthmaßungen über das Lebensprinzip der lebendigen Thiere und über die Natur des physischen Reizes.

Ich will nicht weiter untersuchen, was das für eine mechanische Operation ist, die diejenigen Wirkun-

kungen hervorbringt, welche zur Entstehung der Idee von der Existenz einer Wahlverwandschaft Veranlassung gegeben haben; — welche Wahlverwandschaft ganz von der Schwerkraft verschieden seyn, und zwischen den festen Körpern und ihren flüssigen Auflösungsmitteln; wie auch zwischen den verschiedentlich gesättigten Theilen des Auflösungsmittels selbst statt finden soll. Genug, das Resultat des 57sten Versuchs beweißt: daß zwey Wassertheilchen, in denen sehr verschiedne Quantitäten von Kochsalz aufgelößt sind; oder von denen das eine ganz mit Salz gesättigt, das andre aber ganz frey von Salze ist, lange Zeit untereinander in Berührung stehen können, ohne nur die geringste Neigung zu einer gleichen Vertheilung des Salzes unter sich zu zeigen.

Wenn wir aber auch das, worauf dieser Versuch hinzudeuten scheint, als eine ausgemachte Thatsache annehmen, nämlich daß das, was man Wahlverwandtschaft zwischen den festen Körpern und ihren Auflösungsmitteln nennt, gar nicht in der Wirklichkeit existirt, sondern daß alle diese Bewegungen, die man dem Einflusse dieser vermeintlichen Kraft zugeschrieben hat; (so wie alle andre in den Flüssigkeiten Statt findenden Bewegungen,) unmittel-

telbare Wirkungen der nach unveränderlichen Gesetzen wirkenden Schwerkraft und der Veränderung der spezifischen Schwere sind, die durch die Wärme veranlaßt wird; so würde dennoch eine große Schwierigkeit in der Erklärung der chemischen Auflösung übrig bleiben. Denn da doch alle mechanische Operationen eine gewisse Zeit zu ihrer Verrichtung erfodern; ferner die in dem Fluido durch die Veränderung der spezifischen Schwere eines einzelnen Theilchens derselben entstehende Bewegung doch sogleich als eine solche Veränderung vor sich geht, eintreten muß, wenn keine Anziehung zwischen den Theilchen der festen Körper und ihrer Auflösungsmittel statt findet; und da endlich nach der Voraussetzung bey der Berührung jener Theilchen noch vor ihrer chemischen Vereinigung Wärme erzeugt und verschluckt wird; so weiß man sich keinen Grund anzugeben, woher es kommt, daß das Theilchen des Auflösungsmittels, dessen spezifische Schwere durch die Veränderung der Temperatur nothwendig verändert seyn muß, zufolge dieser veränderten Schwere nicht sogleich den festen Körper verläßt, noch ehe der Prozeß der Auflösung vollendet werden kann.

Vielleicht würde eine Untersuchung über die Wirkungen der vis inertiae, sowohl des Theilchens des

Auf-

Auflösungsmittels, dessen spezifische Schwere verändert worden, als auch des übrigen Theils des Fluidi, und die Kenntniß des Widerstandes, die diese der Bewegung eines jeden einzelnen Theilchens entgegen setzen muß, uns Schlüsse an die Hand geben, diese Schwierigkeit entfernen zu können. Aber ich glaube, daß mehr als alle dergleichen ohne Thatsachen unterstützte Schlüsse uns das Resultat des Versuches befriedigen wird, den ich nun beschreiben werde.

Wenn sich über die Möglichkeit irgend einer Operation von besondrer Art, die unter den unendlich kleinen, auch für das bewaffnete Auge unsichtbaren Theilchen der Körper in irgend einem Prozesse der Natur statt finden soll, ein Zweifel erhebt; so ist der kürzeste Weg, diese Frage zu entscheiden, der, daß man die bekannten Kräfte der Natur unter solchen Umständen in Thätigkeit setzt, daß die durch sie hervorgebrachten Wirkungen auf das unzweydeutigste zeigen müssen, ob die Operation möglich ist oder nicht: findet es sich dann, daß sie in einem Falle möglich ist, so kann man dann mit weniger Mistrauen auf die Wahrscheinlichkeit ihrer wirklichen Existenz und dem im Gange stehenden Falle, schließen.

Die Versuche des Hrn. De Luc und die meines Freundes, des Hrn. Charles Blagden haben es hinlänglich bewiesen: daß das Wasser, wenn es bis auf die Temperatur von ungefähr 41° nach Fahrenheit abgekühlt ist, aufhört, durch die Kälte verdichtet zu werden; daß es dann anfängt sich auszudehnen, und in dieser Ausdehnung stufenweis mit der fortdauernden Verminderung seiner Temperatur fortfährt, bis es zu Eis verwandelt worden. Auf diese sehr wichtigen Entdeckung mich stützend stellte ich folgenden Versuch an:

58ster Versuch.

Ich goß in ein großes Weinglas einen Zoll hoch Queckſilber, und darüber ungefähr noch einmal so viel Wasser, die beyde eine Temperatur von 60° hatten. Das Weinglas wurde nun in eine seichte, irdne Schüssel gestellt, in der sich eine Frost erregende Mischung von Schnee und gemeinem Salze befand, die aber nicht weiter, als bis zur obern Fläche des Queckſilbers reichte. Nun beobachtete ich mit vieler Neugierde, in welchem Theile des Wassers das Eis zuerst entstehen würde. Daß es auf der Oberfläche desselben entstehen sollte, schien mir unmöglich zu seyn, weil der Versuch in einer geheizten

heizten Stube angestellt wurde, wo also die Temperatur der Luft, die auf der Oberfläche des Wassers ruhte, beträchtlich über seinen Gefrierpunkt war.

Sollte das Eis auf der Grundfläche des Wassers, da wo es auf dem Queckſilber ruht, zuerſt ſich zeigen; ſo würde dies beweiſen, daß das Waſſer, ungeachtet der Verminderung der ſpezifiſchen Schwere, die es erleidet, während es von 41° bis zum 32° abkühlt, und ungeachtet der dadurch erhaltenen Tendenz, die Oberfläche des Queckſilbers zu verlaſſen, es dennoch eine Zeit auf derſelben verweile, die hinlänglich iſt, um es zum Gefrieren zu bringen, ehe es noch, ſo abgekühlt, entweichen kann.

Aus dem, was ich bisher geſagt habe, wird der Leſer von ſelbſt einſehen, daß ich bloß zur Beſtimmung dieſer letzterwähnten Thatſache, dieſen Verſuch erfand, und das Reſultat deſſelben wird ihm zeigen, daß er meinen Abſichten und Erwartungen völlig entſprach.

Das Eis entſtand, wie ich vermuthet hatte, auf der untern Fläche des Waſſers, wo es das Queckſilber berührte; und nicht allein unter dieſen Umſtänden, ſondern auch da, als ich den Verſuch dahin

hin abänderte, daß ich über Queckſilber, welches ich zuvor bis auf 10° Fahrenheit abgekühlt hatte, ſachte kochendheißes Waſſer goß. Dieſes gefror augenblicklich und bildete nach und nach eine dicke Eiskruſte, die das Queckſilber bedeckte, obgleich faſt die ganze Maſſe des ungefrornen Waſſers über dem Eiſe beinahe kochend heiß blieb.

Dieſer Verſuch beantwortet nicht allein die Frage, zu deren Entſcheidung er unternommen wurde, ſondern ſetzt uns auch in den Stand, eine richtige Vorſtellung von einer Thatſache bilden zu können, die der Gegenſtand vieler Streitigkeiten geweſen iſt.

Man hat nämlich immer noch Zweifel gehegt, ob das Eis, das man nach ſo vielen herausgekommenen Nachrichten, zuweilen auf dem Boden der Flüſſe gefunden hat, auch wirklich am Boden deſſelben ſich bilden könne? Nach dem Reſultate des gegenwärtigen Verſuches ſcheint es mir allerdings möglich; doch aber nur dann, wenn ein Fluß ſeine Ufer verläßt und über einen Erdboden ſich verbreitet, der zuvor durch einen langen ſtrengen Froſt nicht allein beträchtlich tief gefroren, ſondern auch noch mehrere Grade unter dem Gefrierpunkt erkältet worden iſt; hier in dieſem Falle, kann das Eis

wirklich auf der Grundfläche des Wassers entstehen. Aber alle Versuche, die über das Gefrieren des Wassers sind angestellt worden, zeigen, daß es absolut unmöglich ist, daß auf dem Boden eines Flusses, der nie sein Ufer verläßt, er mag in einer Gegend fließen, wo es auch sey, Eis entstehen könne.

Aus den verschiedenen Resultaten, die die Art und Weise der Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten darbietet, läßt sich auch ferner folgern: daß in keiner Flüssigkeit, die dem Tageslicht ausgesetzt ist, ihre Masse sey auch noch so geringe, die Temperatur durchaus ein und dieselbe seyn kann; und daß also die Verschiedenheit der Wärme ihrer verschiedenen Theilchen beständige Bewegungen in ihr hervorbringen muß.

Nehmen wir zum Beispiel ein gewöhnliches Weinglas, auf dessen Boden ein Stück Geld, ein kleiner Stein, oder sonst ein fester undurchsichtiger Körper sich befindet, und das mit Wasser angefüllt, den Strahlen der Sonne ausgesetzt ist; so werden diese durch das Wasser gehn und in den festen Körper, der auf dem Boden des Glases liegt, eindringen und von ihm verschluckt werden; da aber das aufgefangene und verschluckte Licht immer Wärme er-

erzeugt, so werden die auch hier verschluckten Lichtstrahlen nothwendig Wärme hervorbringen müssen; von der ein Theil sich den innern Partikelchen des festen Körpers, der andre aber den ihn umgebenden kältern Theilchen des Wassers mittheilen wird.

Wir wollen den Fall setzen: die auf diese Art einem für sich bestehenden Partikelchen des Wassers mitgetheilte Wärme-Quantität wär so klein, daß die durch sie in dem Partikelchen bewirkte Verminderung seiner spezifischen Schwere nur eben hinreichte, um sich nun in der Masse der Flüssigkeit in dem kleinsten Grade der Geschwindigkeit, der für unser Gesichtsorgan noch bemerkbar ist, in die Höhe erheben zu können; so würde diese Geschwindigkeit, sofern das in der Bewegung sich befindende Partikelchen noch groß genug wär, um gesehen werden zu können, ungefähr den hundertsten Theil eines Zolls in einer Sekunde betragen.

Diese Bewegung, so äußerst gering sie uns auch erscheint, wenn wir sie mit denen vergleichen, die in den verschiedenen uns umgebenden Körpern Statt finden, würde doch zu unserm Erstaunen eine sehr schnelle Orts-Veränderung in den Wassertheilchen hervorbringen.

Gesetzt, der Durchmesser der für sich bestehenden Wassertheilchen oder Wasserkügelchen betrüge den millionsten Theil eines Zolls: — (es ist sehr wahrscheinlich, daß er noch kleiner ist *) — so würde ein solches einzelnes Wasserkügelchen, das sich mit der erwähnten Geschwindigkeit, nämlich, des hundertsten Theils eines Zolls in einer Sekunde, durch eine ruhige Masse diese Flüssigkeit bewegt, in einer Sekunde, einen Raum durchdringen, der zehntausendmal länger ist als sein Durchmesser; es würde also folglich in dieser Zeit zum wenigsten mit sechshunderttausend verschiedenen Theilchen des Wassers in Berührung kommen.

Hieraus erhellet, wie unbegreiflich kurz die Zeit seyn muß, während welcher ein solches in Bewegung gesetztes einzelnes Theilchen irgend einer Flüssigkeit, mit einem andern sich in Ruhe befindendem

ein-

*) Blatt-Gold, so wie es von den Goldschlägern zubereitet und verkauft wird, ist nicht den vierten Theil so dick, als der Durchmesser der selbstständigen Wassertheilchen hier ist angenommen worden. Die Blättchen dieses festen Metalls sind nach angestellter Berechnung $\frac{1}{1282020}$ Zoll dick. Um wie viel kleiner müste also der Durchmesser eines selbstständigen Goldtheilchens seyn?

einzelnen Theilchen in Berührung bleibt, auf das es in seinem Durchgange durch die ruhige Masse der Flüssigkeit, (so langsam auch dieser Durchgang vor sich zu gehen scheint), gestoßen ist.

Nehmen wir an, daß die Berührung so lange dauert, als das sich bewegende Partikelchen Zeit gebraucht, um einen Raum zu durchlaufen, der gleich der Länge seines Durchmessers ist; — denn das ist nur möglich und schon mehr als wahrscheinlich, so kann in dem eben festgesetzten Falle die Berührung nicht länger dauern, als $\frac{1}{10000}$ einer Sekunde! Dies ist die Zeit, die eine Kanonenkugel, die mit ihrer grösten Geschwindigkeit fliegt, (nemlich 1600 Fuß in einer Sekunde) braucht, um 2 Zoll vorwärts zu kommen.

Wenn die Kanonenkugel eine neun Pfünder ist, so wird ihr Durchmesser vier Zoll seyn; und wenn sie sich mit einer Geschwindigkeit von 1600 Fuß (= 19200 Zoll) in einer Sekunde bewegt, so wird sie in einer Sekunde einen Weg zurücklegen, der gerade 4800 mal länger ist als ihr Durchmesser. Wir haben aber gesehen, daß ein Wassertheilchen, das sich mit der Geschwindigkeit von $\frac{1}{100}$ Zoll in einer

Sekunde bewegt, in dieser Zeit wirklich einen Weg durchläuft, der 10,000 mal länger ist, als sein Durchmesser. Hieraus sieht man, daß die Geschwindigkeit, mit welcher der sich bewegende Körper den Raum verläßt, den er einnimmt, im Wassertheilchen mehr als zweymal größer ist, als in der Kanonenkugel.

Wir können noch eine Berechnung anstellen, die zu immer mehrerer Berichtigung unsrer Vorstellungen über diesen Gegenstand das ihrige beitragen kann. Bei der Betrachtung solcher unsichtbaren Operationen der Natur, die nur der schärfste Blick des Verstandes entdecken und festhalten kann, ist es gewiß nichts überflüssiges, wenn wir alle mögliche Mittel ergreifen, die den Verstand erleuchten und die Einbildungskraft erregen können.

Da auf einander folgende Veränderungen, die für unsre Sinne bemerkbar seyn sollen, nicht mehr als zehnmal in einer Sekunde *) sich ereignen dürfen,

*) Diese Behauptung kann, in so weit zum wenigsten, als sie Gegenstände des Gesichts betrifft, durch folgenden, leichten Versuch bestätigt werden. Man lasse ein Rad mit irgend einer bekannten Anzahl Speichen mit

sen; so sieht man, daß, wenn ein Wassertheilchen in seiner Bewegung durch die ruhige Masse dieser Flüssigkeit in einer Sekunde nur $\frac{1}{100}$ Zoll zurücklegt, seine nach einander erfolgenden Zusammenstoßungen mit den verschiedenen ruhenden Theilchen dieser Flüssigkeit, die es auf seinem Wege antrifft, unbegreiflich schnell vor sich gehen müssen, weil nicht weniger als ein Tausend derselben, in den kürzesten Zeittheilen, die wir noch unterscheiden können, wirklich nach einander eintreten.

Wahrscheinlich wird es der Bemerkung meiner gelehrten Leser nicht entgangen seyn, daß die Geschwindigkeit, die ich hier einem einzelnen Wassertheilchen, das zufolge einer durch die Wärme bewirkten Verminderung seiner specifischen Schwere in diesem Fluido in die Höhe steigt, beygelegt habe; ob sie gleich sehr gering scheint, doch wahrscheinlich um ein beträchtliches größer ist, als ein einzelnes für sich

mit einer solchen Geschwindigkeit um seine Axe drehn, bis die Speichen anfangen, unsichtbar oder unkenntlich zu werden: aus der Geschwindigkeit des Rades und der Anzahl seiner Speichen wird man nun leicht diese Thatsache entscheiden können.

sich bestehendes Wassertheilchen unter diesen angenommenen Umständen, die Veränderung der Temperatur sey auch noch so groß, je erhalten kann; weil der Widerstand zu groß ist, den ihm die ruhigen Theilchen der Flüssigkeit in seiner Bewegung entgegen setzen würden. Da ich diesen Einwurf erwartete und ihm doch gern gehörig begegnen wollte, so nahm ich mir die Mühe, nach den von Isaak Newton in seinen Principiis Buch II. Abschn. VII. gegebnen Regeln zu berechnen, welches die gröste Geschwindigkeit ist, die ein einzelnes Wassertheilchen (seinen Durchmesser zu $\frac{1}{1000000}$ Zoll angenommen) bey einer gegebenen Veränderung seiner spezifischen Schwere erhalten kann: und ich fand, daß, wenn man den genauesten Versuchen gemäß, die spezifische Schwere des Wassers in der Temperatur von 32° Fahrenheit, zu 1,00082, und in der Temperatur von 80°, zu 0,99759, annimmt, ein einzelnes Wassertheilchen von 80° Temperatur sich in einer ruhigen Masse dieser Flüssigkeit, von 32° Temperatur, mit der Geschwindigkeit von $\frac{1}{2038}$ Zoll in einer Sekunde in die Höhe bewegen kann. Der Mittelzahl nach ist das ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll in einer Stunde. — Uebrigens versteht es sich von selbst, daß wenn mehrere Partikelchen sich zusammen vereinen und Ströme bilden, sie sich durch das ruhende Fluidum leich-

ter einen Weg bahnen, also auch schneller sich bewegen können.

Nachdem wir das Resultat dieser Nachforschung geduldig untersucht und die Einbildungskraft mit der Betrachtung der interessanten Thatsachen, die es darbietet, vertraut gemacht haben; so werden sich nun auch unsre Vorstellungen von dem wahren Zustande der flüssigen Körper, die sich in Ruhe zu befinden scheinen, sehr geändert haben. Jetzt werden sie uns als das erscheinen, was sie ohne Zweifel wirklich sind, nämlich als eine Anhäufung von einer zahllosen Menge unendlich kleiner Partikelchen, die sich mit einer unbegreiflichen Schnelligkeit ohne Aufhören bewegen.

So können wir denn die Flüssigkeit als das Leben der leblosen Körper und das Gerinnen oder Gefrieren als den Todesschlaf der unorganischen Materie ansehn; und so werden wir auch aufhören, Thätigkeit, oder Kraftäußerungen irgend einer Art der todten, bewegungslosen Materie zuzuschreiben.

Was sollen wir uns aber unter dem Lebens-Prinzip der lebendigen Thiere vorstellen? — Hängt nicht vielleicht auch ihr Leben von den innern, durch

die ungleiche Vertheilung der Wärme hervorgebrachten Bewegungen ihrer Flüssigkeiten ab? — und sollte nicht vielleicht in allen Fällen der Reiz bloß eine mechanische Wirkung der Mittheilung der Wärme seyn?

Es ist eine Meinung, die, wie wir wissen, schon zu den Zeiten Moses herrschte; daß das Leben der Thiere in ihrem Blute seinen Sitz habe; und wahrscheinlich ist sie noch älter. Sie wurde kürzlich wieder von einem, nun verstorbenen, Anatomiker und Physiologen vorgetragen, der wegen seiner Scharfsichtigkeit sehr berühmt war, und es scheint mir, daß die neuen Entdeckungen über die Art der Fortpflanzung der Wärme in den Flüssigkeiten diesem Gegenstande viel Licht, und dieser Hypothese einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit ertheilen.

Nach dieser Hypothese und ihrer gegenwärtigen Erklärung, muß alles das, was die Ungleichheit der Vertheilung der Wärme in der Blutmasse, selbst ohne unmittelbare Vergrößerung ihrer Quantität, vermehrt, auch die Intensität der Operationen vermehren, in denen das Leben besteht. Und giebt es nicht viele auffallende Beweise, daß dies wirklich so ist?

Zielt nicht augenscheinlich die Tendenz des Athemholens, der Verdauung, des unmerklichen Ausdünstens, (nämlich nach unsern angenommenen Grundsätzen von der Fortflanzung der Wärme in den Flüssigkeiten) dahin, diese Ungleichheit der Wärme in den thierischen Säften hervorzubringen und zu erhalten? Und sehen wir nicht, wie unmittelbar und stark sie die Intensität der Aktionen der Lebenskräfte vermehren? —

Wenn das thierische Leben wesentlich von diesen innern Bewegungen der thierischen Säfte abhängt, die, wie wir gesehen haben, durch die von der Verschiedenheit der Temperatur erzeugten Veränderungen der specifischen Schwere ihrer selbstständigen Theilchen oder Kügelchen hervorgebracht werden; so ist es klar, daß durch gehörige und schickliche Anwendung der Wärme oder Kälte die Lebenskräfte gestärkt, oder ihre Aktion vermehrt werden kann. Und bestätigt dies nicht die Erfahrung? Bringen nicht die hitzigen Getränke zu St. Petersburg und die Eis-Limonade zu Neapel, durch dieselben mechanischen Operationen, nur in entgegengesetzten Richtungen, dieselben Wirkungen hervor? Trägt nicht zur Erhaltung der Ungleichheit der Temperatur, die dem Leben so wesentlich ist, der Verlust

der

der Wärme, durch das unmerkliche Ausdünsten, eben so wirksam bey, als das Aufnehmen der Wärme durchs Athemholen?

Sind nicht die plötzliche Gerinnung des Bluts, wenn es aus einem lebenden Thiere gezogen wird, und alle die andern schnellen Veränderungen, die sich in ihm zeigen, deutliche Beweise von einer ungleichen Vertheilung der Wärme? Und befördern nicht die Zähigkeit des Bluts, so wie seine beständigen Bewegungen in dem Gefäß-System sehr kräftig die Erhaltung dieser Ungleichheit?

Entstehen nicht die gelbblauen Flecke auf der Oberfläche des Körpers, die den Anfang eines Absterbens anzeigen, zufolge einer Trennung, oder eines Niederschlags der fremdartigen Theilchen der thierischen Flüssigkeiten, und zwar vermittelst der, durch die Ruhe oder durch eine Unterbrechung des Umlaufs veranlaßten, Veränderung ihrer specifischen Schweren und eigenthümlichen Temperaturen? Und können wir nicht ganz eigentlich solche Flüssigkeiten für todt erklären?

Würde nicht eine jede Flüssigkeit, in der die Wärme ganz gleich vertheilt wäre, ein tödtliches

Gift

Gift für ein lebendes Thier werden, wenn man sie in seine Adern einspritzte? Ja wenn auch selbst diese eingespritzte Flüssigkeit ein Theil des eignen Bluts, der Lymphe, oder eines andern Bestandtheils dieses Thieres wäre und sie sich überdies noch genau in der mittleren Temperatur befände, die diese heilsamen Flüssigkeiten in den Blut- und Pulsadern des Thieres haben?

Ist nicht Drüsen-Absonderung (glandular secretion) ein wahrer Niederschlag? und ist es nicht möglich, daß die Bildung der festen Theile, und der Wuchs eines thierischen Körpers durch einen Prozeß bewirkt werden, der der Gerinnung genau ähnlich ist? Bieten sich nicht sogar Umstände dar, aus denen wir mit einem beträchtlichen Grade von Wahrscheinlichkeit schließen können; daß die meisten dieser Gerinnungen in oder um die Temperatur des kochenden Wassers herum entstehen.

Doch ich will mich nicht weiter über diesen Gegenstand auslassen. Wie ich finde, habe ich mich ganz unvermuthet in einem Gefilde verlohren, wo, wenn ich weiter eindränge, ich mich gewiß der Gefahr aussetzen würde, als ein feindseliger Frem-

der betrachtet und behandelt zu werden; ich will also eiligst auf meinen Rückzug denken: und dies kann nicht besser geschehen, als wenn ich diesem Capitel plötzlich ein Ende mache.

III.

III. Capitel.

Wahrscheinlichkeit, daß häufig intensive Wärme in den abgesonderten Theilchen der Flüssigkeiten existirt, die weder das Gefühl noch das Thermometer entdecken kann. — Eine auf diese Vermuthung gegründete Erklärung von der Ausdünstung des Eises während des strengsten Frostes. — Wahrscheinlichkeit, daß die den Sonnenstrahlen ausgesetzte Metalle auch ausdünsten würden, wenn sie nicht gute Leiter der Wärme wären. — Quecksilber dünstet wirklich in der mittlern Temperatur der Atmosphäre aus. — Diese Thatsache ist ein auffallender Beweis, daß flüssiges Quecksilber ein Nichtleiter der Wärme ist. — Wahrscheinlichkeit, daß die durch die Lichtstrahlen erzeugte Wärme immer dieselbe Intensität hat, und daß die Wirkungen, die man dem Lichte zuschreibt, in allen Fällen, der durch dasselbe erzeugten Wärme zukommen. — Ein auffallender Beweis, daß die gröste intensive Wärme zuweilen da Statt findet, wo wir sie nicht erwarten sollten. — Gold wird wirklich durch die in der atmosphärischen Luft befindliche Wärme geschmolzen; ob man gleich kein Feuer noch rothe Glühhitze gewahr wird. — Man muß sich sehr vorsehn, wenn man Wirkungen, die denen ähnlich sind, die durch die Wärme erzeugt worden, der Thätigkeit

unbekannter Kräfte zuschreiben will. — Die gröste intensive Hitze kann Statt finden, ohne irgend eine sichtbare Spur ihrer Existenz hinter sich zu lassen. — Diese wichtige Thatsache wird durch das nothwendige Resultat eines blos in der Vorstellung bestehenden Versuches erläutert.

In wie weit eine Mittheilung der Wärme zwischen den selbstständigen Theilchen einer Flüssigkeit, vermittelst ihrer ausserordentlichen Beweglichkeit, und während der unendlich kurzen Zeit, daß zwey derselben, von verschiedener specifischer Schwere mit einander in Berührung bleiben können, möglich, oder nicht möglich sey; — das überlaß ich Andern zu bestimmen. Indessen ist es doch ganz gewiß, daß die Unfähigkeit der Theile einer Flüssigkeit, welche Wärme sich unmittelbar einander mitzutheilen, eine sehr ungleiche Vertheilung der Wärme unter ihnen bewirkt, und es scheint höchst wahrscheinlich zu seyn, daß viele Erscheinungen, die ganz andern Ursachen sind zugeschrieben worden, in der That von einer intensiven Hitze herkommen, die unter Umständen vorhanden ist und wirkt, unter denen man nicht einmal ihr Daseyn vermuthet.

Sind Flüssigkeiten keine Wärmeleiter, so giebt es keinen vortheilhafteren Aufenthalt, um eine solche

che intensive Wärme beysammen zu erhalten, als wenn sie sich in ihnen befindet. Und es ist nicht allein a priori darzuthun, daß die gröste intensive Hitze in einigen, einzelnen Partikeln irgend einer Flüssigkeit gebunden seyn kann, ohne daß sie für unser Gefühl oder für das Thermometer bemerkbar würde; sondern es giebt auch viele Erscheinungen, die darauf hindeuten, und andre die es beweisen; daß die intensive Hitze wirklich sehr oft in diesem verborgenen oder unbemerkbaren Zustande sich befindet.

So z. B. haben wir keinen Grund die Möglichkeit anzunehmen, daß Eis in den dampfförmigen Zustand übergehen könne, ohne vorher schmelzen zu müssen, und es ist bekannt, daß das Eis bey keinem geringern Grade der Wärme, als bey 32° nach Fahrenheit schmelzen kann; dennoch hat man gefunden, daß es der Luft ausgesetzt, mitten im Winter, in den kältesten Gegenden und in einer Temperatur ausdünstete, wo das Thermometer weit unter 32° stand.

Wie läßt sich diese Begebenheit anders erklären, als dadurch, daß wir annehmen, daß einige der Lufttheile, die zufälligerweise, (wie wir es auszudrücken

cken pflegen) mit dem Eise in Berührung kommen, so viel intensive Hitze haben, um einzelne Eistheilchen, die sie berühren, nicht bloß schmelzen, sondern auch das daraus entstandne Wasser, bevor es aufs neue gefriert, in Dampf verwandeln zu können. Oder wir müssen annehmen, daß dieses durch die intensive Hitze bewirkt werde, die sich in den kleinen hervorspringenden Eisspitzchen aus dem verschluckten Lichte erzeugt. Der Umstand, daß Eis ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, macht es sehr wahrscheinlich, daß diese in Frage stehende Begebenheit auf die erwähnte doppelte Art geschehen kann.

Es ist mir sehr wahrscheinlich, daß selbst die Metalle, wenn sie solche sehr schlechte Wärmeleiter wären, wie sie gute sind, den Strahlen der Sonne ausgesetzt, ausdünsten würden, und vielleicht auch unter Umständen, wo diese Begebenheit noch ausserordentlicher erscheinen würde.

Von dem Queckſilber hat man wirklich gefunden, daß es in der mittleren Temperatur der Atmosphäre ausdünstet. Was für ein auffallender Beweis ist dieß, daß das flüssige Queckſilber ein Nichtleiter der Wärme ist: und daß, da eine sehr große intensive Hitze erzeugt worden und Statt finden kann,

wo

wo man sie gewöhnlicherweise nicht vermuthen sollte. Und bietet nicht das Verdünsten des Wassers in der mittleren Temperatur der Atmosphäre noch einen andern Beweis für diese letzte Thatsache dar?

Es läßt sich gar nicht bezweifeln, daß sehr oft die gröste intensive Hitze in den kleinsten Partikelchen fester Körper, die in den Massen kalter Flüssigkeiten herumschwimmen, hervorgebracht wird. Man weiß, welch eine intensive Hitze die Sonnenstrahlen zu erzeugen fähig sind: und es scheint sehr wahrscheinlich zu seyn, daß die durch sie erzeugte Hitze immer dieselbe ist; nemlich die höchste Intensität hat. Wenn aber der Strahlen nur wenige sind, und die Umstände keine Anhäufung der durch sie erzeugten Hitze zulassen, so wird sie oft so schnell wieder zerstreut, daß sie weder für unsre Organe noch für unsre Instrumente bemerkbar wird, und zuweilen läßt sie gar keine Spuren ihrer Existenz zurück.

Warum sollten wir daher nicht annehmen dürfen, daß ein Sonnenstrahl, der beym Durchstreichen durch eine Masse kaltes Wasser zufällig auf ein unendlich kleines darin schwimmendes Theilchen einer festen, undurchsichtigen Materie trifft, und davon verschluckt wird, in diesem eine Wärme von derselben

ben Intensität, als sie in dem Brennpunkte des stärksten Brennspiegels oder Brennglases statt findet, erzeugen könne?

Hr. Sennebier hat uns eine Menge interessanter Versuche beschrieben, die er über die Wirkungen der Sonnenstrahlen auf verschiedene Körper angestellt hat: warum sollten wir nun nicht diese Wirkungen der intensiven örtlichen Hitze zuschreiben können, die durch das von den unendlich kleinen, und, wenn ich so sagen darf, isolirten Theilchen der Körper verschluckte Licht erzeugt wird.

Bey diesen Versuchen wurde z. B. das Holz von verschiedner Art auf seiner Oberfläche braun. Dieselben Erscheinungen können vielleicht in einer kürzeren Zeit durch die Strahlen eines rothglühenden Eisens hervorgebracht werden, die die Oberfläche des Holzes unvollkommen verkohlen. Sollte nicht aber auch das Braunwerden der Oberflächen der Hölzer durch das Sonnenlicht in den Versuchen des Hrn. Sennebiers, ein unvollkommenes Verkohlen derselben seyn? — Und ist es möglich, daß ein geringerer Grad der Hitze, als der des Glühens diese Wirkung hervorbringen kann?

Un-

Unter den vielen Thatsachen, die sich anführen lassen, um zu beweisen, daß die gröste intensive Hitze Statt finden kann, und häufig wirklich da Statt findet, wo man sie nicht erwarten sollte; scheint mir folgende die auffallendste und überzeugendste zu seyn. Man nimmt, wie ich glaube, allgemein an; daß die durchs Verbrennen der Brennmaterialien erzeugte Intensität der Hitze, bey einem kleinen Feuer viel geringer sey, als bey einem großen; aber man hat Grund zu glauben, daß dies eine irrige Meinung ist, die sich auf Erscheinungen gründet, aus denen sich dies nicht schließen läßt. Wenigstens ist es gewiß, daß die intensive Hitze eines großen Schmelzofens, so wie sie zum Schmelzen der härtesten Metalle nöthig ist, wirklich in der schwachen Flamme des kleinsten Lichtes existirt: und was noch wunderbarer scheinen mag, ist dies, daß dieser intensive Grad der Hitze oft in der Luft der Atmosphäre Statt findet, ohne sichtbare Zeichen der Hitze von sich zu geben. Dies will ich nun darthun.

Eisen wird, wie bekannt, in der Temperatur von ungefähr 1000° nach Fahrenheit völlig rothglühend: — Messing schmilzt bey 3807°, Kupfer bey 4587°, Silber bey 4717°, und Gold bey 5237°. Wo also das Gold eine Schmelzung erleidet, da

muß

muß natürlich diese letzte Temperatur von 5237° nach Fahrenheit Statt finden. Fein geschlagener Gold- Silber- und Kupferdrath, so wie man ihn zu den Tressen braucht, schmilzt aber augenblicklich, wenn man ihn in die Flamme eines Lichtes, und sogar auch in wenigen Sekunden, wenn man ihn einen Zoll hoch über dieselbe hält; wo doch gar keine Spur von Feuer und Glühen zu sehen ist.

Aus der wichtigen Belehrung, die das Resultat dieser Versuche uns darbietet, sehen wir, wie vorsichtig wir in der Bildung unserer Meinungen über die Intensität der Hitze seyn müssen, die in den unsichtbaren isolirten Theilchen irgend eines Stoffes, die vielleicht in einem gegebnen Raum verbreitet sind, oder in einer Flüssigkeit schwimmen, Statt finden kann; wo es nicht leicht möglich ist, daß unser Gefühl oder unsere Thermometer von ihm affizirt werden können.

Ein Thermometer kann überhaupt nicht mehr leisten, als daß es das Mittel der verschiedenen Temperaturen aller der Körper und Theilchen der Materie, die mit ihm in Berührung kommen, anzeigen kann. Ist es in der Luft aufgehängt, so zeigt es das Mittel der Temperaturen, der mit ihm in

Be-

Berührung kommenden Lufttheilchen; über die relativen Temperaturen dieser Lufttheilchen kann es uns nie eine Auskunft gewähren.

Wenn während des stärksten Frostes ein Thermometer in der Nähe eines brennenden Lichtes, — zum Beyspiel nur einige Fuß weit, davon entfernt, aufgehängt wär; so ist gar kein Zweifel, daß, da die Luft ein Nichtleiter der Wärme ist, einige dergleichen vereinzelte Lufttheilchen, die durch das Licht die intensive Hitze des Gold-Schmelzens erlangt haben, das Thermometer erreichen würden; aber weder das Thermometer, noch die dahin gehaltne Hand können von der Ankunft eines solchen Theilchens eine Anzeige geben.

Man sieht hieraus, daß selbst ein hoher Grad freyer Wärme vorhanden seyn könne, ohne daß man sie empfände oder nur vermuthete; und daß sie vielleicht selbst da, wo man sie nicht wahrnimmt, sehr wirksam ist. Billig muß man daher sehr behutsam seyn, bey Wirkungen, denen analog, die das Feuer hervorbringt, zu andern Wirkungsmitteln, besonders zu unbekannten, seine Zuflucht zu nehmen. Und das gilt auch besonders von den Wirkungen, die durch das Aussetzen verschiedener

Körper gegen die Sonnenstrahlen hervorgebracht wurden.

Wenn die, in dem Brennpunkte eines Brennglases concentrirten Sonnenstrahlen, die auf ein Stück Holz geworfen werden, dessen Oberfläche schwarz färben und verkohlen, warum sollten wir da nicht schließen; daß die Veränderung der Farbe, die nach und nach, oder langsamer in demselben Holze hervorgebracht wird, wenn es den einfachen Strahlen der Sonne ausgesetzt ist, auch auf dieselbe Art bewirkt werde?

Der Unterschied in den Zeiten, die in diesen beyden Fällen erforderlich sind, um ähnliche Wirkungen hervorzubringen, ist kein Beweis; daß sie nicht auf dieselbe Art hervorgebracht werden. Denn wenn sie beide, wie ich annehme, bloß durch die Kraft der Hitze erzeugt werden; dann werden sich die in irgend einer Zeit hervorgebrachten Wirkungen, nicht, nach der Dichtigkeit des Lichtes, oder nach der Anzahl der Strahlen, sondern nach dem Theil der erzeugten Wärme richten, der nicht unmittelbar von der Luft fortgerissen und zerstreut wird, sondern Zeit genug hat, seine eigenthümliche Wirkung in dem Holze hervorzubringen. Die Wirkung muß also in dem gehörigen Verhältnisse

um-

ungleich größer seyn, wenn die Strahlen concentrirt sind, als wenn sie es nicht sind.

Hornsilber, (Luna cornea) wenn es dem Lichte ausgesetzt wird, ändert auch seine Farbe: — aber warum sollten wir nicht diese Verwandelung der Entziehung des mit dem Metall vereinten Sauerstoffs zuschreiben, die durch die von dem Lichte erzeugte Wärme bewirkt wird? Um jeden möglichen Einwand gegen diese Erklärung dieses Phänomens zu entfernen, scheint nichts weiter nöthig zu seyn, als anzunehmen, was allgemein bekannt ist; daß dieser metallische Oxyd ohne irgend eine Zuthat, durch einige Grad Hitze reducirt werden kann; und daß diese Substanz ein schlechter Wärmeleiter ist.

Sollte nicht die Annahme unsre Hypothese von der Intensität der Wärme, die durch Verschluckung des Lichtes erzeugt wird und von den Flüssigkeiten, als Nichtleitern der Wärme, uns in den Stand setzen, auf eine genügendere Art, als bisher geschehen ist, die Wirkungen des Sonnenlichts beym Bleichen der nassen Leinewand und beym Reduciren einiger metallischen Oxyden oder Metall-Kalke erklären zu können? — Und giebt sie uns nicht auch einen befriedigenden Aufschluß über die Entstehung der Lebens-

luft, in den schönen Versuche des Dokt. Ingenhouß, wo die grünen Blätter der Vegetabilien, in Wasser getaucht, den Sonnenstrahlen ausgesetzt werden?

Herr Sennebier hat gezeigt, daß wenn man den färbenden Stoff der frischen grünen Blätter der Vegetabilien durch Weingeist auszieht, dieser eine schöne grüne Farbe bekommt; die aber, wenn man diese Tinktur in einem durchsichtigen Glase in Berührung mit Sauerstoffgas den Sonnenstrahlen aussetzt, in wenig Minuten zerstört, oder vielmehr in ein schmuziges Braun verwandelt wird: — warum sollten wir nicht diesen Prozeß als ein wahres Verbrennen betrachten können?

Die Wärme, die dabey der Weingeist erhält, und die, wie ich bey oftmaligen Wiederholungen des Versuches gefunden habe, sehr beträchtlich ist, — und die Nothwendigkeit, daß Sauerstoffgas bey diesem Versuche gegenwärtig seyn muß, wenn er gelingen soll; deuten ja offenbar dahin, daß hier etwas dem Verbrennen ähnliches Statt haben muß.

Wenn die Flüssigkeiten Nichtleiter der Wärme sind; so müssen sie gewiß dieser Eigenschaft wegen sehr geschickt dazu seyn, in ihren eignen, selbstständigen

digen Theilchen; als auch in den unendlich kleinen, isolirten Partikelchen anderer Körper, die in ihnen zerstreut oder aufgelößt sind, die Wärme, die durch Licht oder auf eine andre Art in ihnen erzeugt wird, beysammen zu halten und folglich auch ihre Operationen zu befördern: und dies habe ich mehr als einmal zu bemerken Gelegenheit gehabt.

Vermittelst dieser Voraussetzung läßt sich eine große Schwierigkeit in der Hypothese wegräumen, nach welcher, jede chemische Auflösung nichts als ein Schmelzen, und Niederschläge und Krystallisationen (dem Prozeß des Gefrierens gänzlich analog,) insgesammt bloße Wirkungen der Wärme sind.

Es giebt nur drey Gestalten, unter denen sich alle bemerkbarn Stoffe vorzeigen, nemlich die des festen Körpers; die der tropfbaren und die der elastischen Flüssigkeit: und es ist allgemein bekannt; daß jede Substanz, die wir kennen, — alle ponderable Materie ohne Ausnahme — abwechselnd in allen diesen drey Zuständen erscheinen kann; und daß der Zustand, den sie in einer gegebenen Zeit hat, lediglich von der Temperatur abhängt, die sie zu dieser Zeit besitzt.

Wir wissen ferner, daß jede Art von Stoff diese verschiedentlichen Verwandlungen seines Zustandes

bey

bey gewissen festen Temperaturen erleidet; und wenn wir diesen Gegenstand mit Aufmerksamkeit betrachten, so werden wir finden; daß wenn diese Temperaturen nicht festgesetzt und in den verschiedenen Körpern, verschieden wären, wir schlechterdings keinen Stoff von andern unterscheiden könnten.

Dieß ist vielleicht der einzige wesentliche Unterschied, der unter den uns so verschieden erscheinenden Körpern wirklich Statt findet.

Aber es sind nicht allein die Grade der Wärme, oder die Punkte der Temperatur, in denen die Gestalten der verschiedenen Körper verändert werden, verschieden, sondern der Umfang der Temperatur-Veränderungen, — unter denen sich eine Substanz erhalten, oder in der Gestalt ihres mittleren Zustandes, das ist in dem, der tropfbaren Flüssigkeit verharren kann, bey den verschiedenen Körpern, auch sehr verschieden. — Dieser letzte Umstand hat einen verwunderungswürdigen Einfluß auf die Vermehrung der mannichfaltigen Verbindungen und Zersetzungen, die auf der Oberfläche der Erde in den verschiedenen Operationen der Natur beständig Statt finden.

Ein anderer, an Folgen eben so reicher Umstand ist die Vereinigung, die Körper von verschiedener

Art

Art miteinander, und die äußerst wichtige Veränderung, die dadurch in den Körpern entsteht; daß sie nun so vereint einen andern Grad der Wärme ertragen können, ohne in ihrer Gestalt verändert zu werden.

Wenn wir zu den entdekten Gesetzen der Natur, nach denen sie die Zustands-Veränderungen der uns einfach erscheinenden Körper bewirkt, die hinzufügen, deren Befolgung wir bey den Zustands-Veränderungen der bekanntlich zusammengesetzten Körper bemerkt haben; so werden wir vielleicht im Stande seyn, uns deutlichere Einsichten von der Natur der mechanischen Operationen verschaffen zu können, die bey den chemischen Prozessen Statt finden. — Ich nenne sie mechanische, weil sie nach der strengsten Erklärung und Auseinandersetzung dieses Ausdrucks, nothwendig mechanisch seyn müssen.

Da die Hypothese von dem Daseyn intensiver Hitze in der Mitte der kalten Flüssigkeiten so neu, und dem Resultate aller unserer Erfahrungen und Beobachtungen ganz entgegen zu seyn scheint; so glaube ich, ist es nothwendig, daß ich diese Sache noch in mehreres Licht zu setzen suche.

Erstlich

Erstlich dürfen wir nicht glauben, daß intensive Hitze, selbst da wo wir die stärksten Gründe für ihre wirkliche Existenz haben, immer Spuren ihres Daseyn zurücklassen müsse: denn so oft als die Hitze zerstreut oder fortgerissen wird, ehe sie Zeit genug hat in den Körpern, denen sie ist mitgetheilt worden, Zustands-Veränderungen, oder chemische Vereinigungen oder Zersetzungen hervorzubringen; so kann sie keine Merkmale ihres Daseyns zurücklassen.

So findet man z. B. oft daß die Feuergewehre versagen; selbst wenn viele glühende Funken des Stahls und Feuersteins wirklich unter das Zündpulver der Pfanne gefallen sind. Jeder wird hier zugeben, daß in den kleinen rothglühenden Eisentheilchen, die unter die Körner des Pulvers fallen und in der Berührung mit denselben sich abkühlen, intensive Hitze befindlich ist. Indeß ist bey weiten mehr Hitze in ihnen als zur Entzündung des Pulvers nöthig war; ihre Dauer ist aber nicht hinlänglich um diese Wirkung hervorzubringen. Wären diese kleinen Funken unsichtbar gewesen, so ist höchst wahrscheinlich, daß man ihre Existenz nicht gemuthmaßt und der Thatsache, die sie beweisen, nicht geglaubt haben würde.

Um Schießpulver zu entzünden, ist es nöthig, daß der Schwefel, der einen Bestandtheil desselben ausmacht, zuerst geschmolzen und dann zum Kochen gebracht wird. Denn es ist immer der Dampf des kochenden Schwefels, der sich entzündet, wenn das Pulver losbrennt.

Wär dieser geschmolzene Schwefel ein Wärmeleiter, so würde das Schießpulver höchst wahrscheinlich weit weniger entzündbar seyn.

Da Viele, die über diesen Gegenstand noch nicht nachgedacht haben, es ganz unbegreiflich finden mögen; wie in der Mitte einer kalten Flüssigkeit, als z. B. im Wasser, intensive Hitze erzeugt werden und darin sich befinden kann, ohne unmittelbar sichtbare Wirkungen in demselben hervorzubringen; so halte ich es für meine Pflicht diese Sache in das möglichst klarste Licht zu setzen, und zu zeigen; daß dies nicht allein sehr wahrscheinlich, sondern ohne Zweifel ganz gewiß ist.

Bey den Untersuchungen, deren Hauptzweck dahin geht, zu entdecken; ob ein angenommenes Ereigniß, das seiner Natur wegen für unsre Sinne nicht bemerkbar ist, möglich oder nicht möglich ist, scheint mir die beste Verfahrungsart die zu seyn; daß

man

man das Ereigniß als wirklich Statt gefunden annimmt; seine nothwendigen Wirkungen aufspürt und diese mit den Erscheinungen vergleicht, die man in der That bemerkt hat.

Wir wollen nun diese Verfahrungsart annehmen und uns vorstellen, daß wir eine Quantität reines Wasser, bey der mittleren Temperatur Großbritaniens, das ist bey 55° nach Fahrenheit, in ein reines und sehr durchsichtiges Glas gegossen und so den Strahlen der Sonne unmittelbar ausgesetzt haben. Wenn das Glas und das Wasser vollkommen rein und durchsichtig sind, so ist es gewiß, daß das Sonnen-Licht in keinem von beiden Wärme erzeugen wird.

Wenn man nun ein kleines Theilchen irgend eines undurchsichtigen festen Körpers in der Mitte dieses Wassers aufhängt; so müssen die Sonnenstrahlen, die auf dasselbe fallen, und von ihm verschluckt werden, nothwendig Wärme erzeugen und zwar in dem Augenblicke, als sie von dem Partikelchen aufgefangen werden. Dies ist eine ausgemachte Thatsache, die Niemand bezweifeln wird.

Um diesen bloß in der Vorstellung gegebenen Versuch noch interessanter zu machen, wollen wir annehmen,

daß

daß der in das Wasser gelegte feste Körper ein sehr feines gelbes Bernsteintheilchen sey; dessen spezifische Schwere so genau mit der des Wassers übereinstimmt, daß es gar keine Tendenz hat, weder auf noch abwärts in demselben sich zu bewegen, und folglich in der Lage verharret, worin man es, ohne es aufzuhängen, gebracht hat; — ferner wollen wir voraussetzen; daß die Gestalt dieses Bernsteintheilchens fast kugelförmig ist und $\frac{1}{1500}$ Zoll zum Durchmesser hat. Dies ist gerade der Durchmesser eines einzelnen Seidenfadens, so wie er vom Wurme gesponnen wird; der wahrscheinlich einer der kleinsten Gegenstände ist, den das menschliche Auge ohne Beyhülfe der Kunst noch sehen kann.

Da es ausgemacht ist, daß das von den Bernsteintheilchen aufgefangene und verschluckte Licht Wärme erzeugen oder erregen muß; so sind die Fragen, die noch zu erörtern übrig bleiben, nur die; was für eine Intensität hat diese Wärme in dem Augenblick ihrer Entstehung? — und welche Wirkungen muß sie vermittelst dieser Intensität hervorbringen? —

Die Gründe sind bereits schon erwähnt worden, die es wahrscheinlich machen; daß die durch Lichtstrahlen erzeugte Wärme, wo sie auch erzeugt seyn

mag

mag und ehe sie zufolge einer Zerstreuung vermindert worden ist, immer dieselbe Intensität hat, — und da ich dies nun als wahr zugegeben annehme; so bemühe ich mich jetzt nur noch den Wirkungen nachzuspüren, die diese in den Bernsteintheilchen erzeugte Wärme hervorbringen muß; -- welche Wärme also den höchsten Grad der Intensität besitzt, aber klein ist in Rücksicht ihrer Quantität, oder des Raumes, den sie einnimmt.

Da diese Wärme zuerst da entstehen muß, wo sie erzeugt wird; so ist es klar: daß sie zuerst auf der Oberfläche des Bernsteintheilchens Statt finden muß; und da alle feste Körper in einem größeren oder geringeren Grade Wärmeleiter sind, so wird also ein Theil dieser Wärme in die Substanz dieses festen Theilchens eindringen, während der andre Theil von den kalten Wassertheilchen fortgetragen wird, die mit dieser so durchs Licht erwärmte Oberfläche in Berührung kommen.

Es bleibt nun noch übrig, die Wirkungen zu bestimmen, die diese theils vom Bernsteintheilchen verschluckte, theils den Wassertheilchen mitgetheilte Wärme nothwendig hervorbringen muß. Zuerst ist zu bemerken, daß dann die Wärme gar keine sicht-

baren

baren Spuren in dem Bernsteintheilchen hervorbringen kann, wenn ihr Uebergang oder ihre Zerstreuung durch diese beiden Mittel so schnell vor sich geht, daß dadurch ihre Anhäufung zu so einem Grade, wodurch der Bernstein könnte geschmolzen werden, verhindert wird: — Die Schmelzung des Bernsteins aber hängt von drey Umständen ab; nemlich von der Temperatur, in der Bernstein schmilzt; zweytens, von der leitenden Kraft dieser Substanz, oder von der Leichtigkeit mit der sich die Wärme in ihr ausdehnen und zerstreuen kann; drittens von der Schnelligkeit, mit der die auf der Oberfläche des Bernsteintheilchens erzeugte Wärme von der kalten Flüssigkeit, in der es schwimmt, fortgetragen wird.

Wenn man den Bernstein, recht fein pulverisirt, mit irgend einem durchsichtigen Oehle vermischte, das fähig wär einen großen Grad der Hitze zu ertragen, ohne in Dämpfe aufgelößt zu werden; und ihn so den recht hell leuchtenden Strahlen der Sonne aussetzte; dann glaube ich gewiß, daß er durch sie zum Schmelzen gebracht und aufgelößt werden würde, obgleich vielleicht sehr langsam: Sollte aber auch unter diesen Umständen der Bernstein nicht schmelzen; so hätte man doch noch keinen

Grund

Grund an der Existenz der hier angenommenen intensiven Hitze zu zweifeln.

Wenn aber der im Wasser den Sonnenstrahlen ausgesetzte Bernstein nicht schmilzt, folglich keine sichtbare Veränderung erleidet, durch welche die Wärme, die nach der Voraussetzung auf seiner Oberfläche entstanden seyn soll, entdeckt werden könnte; sollten denn da nicht durch sie, wenn sie wirklich so intensiv ist, wie man sie annimmt, zum wenigsten in dem Wasser einige sichtbare Wirkungen hervorgebracht werden, die uns von ihrem Daseyn überzeugen könnten?

Um diesen Zweifel zu lösen, müssen wir untersuchen, welche sichtbaren Wirkungen die Wärme, von der hier die Rede ist, wohl im Wasser hervorzubringen vermöchte? — Nehmen wir nun an, daß das Wasser durch diese Wärme nicht zersetzt werde; denn dies kann nicht geschehen, da nach der Voraussetzung in dem Bernstein keine chemische Veränderung vorgefallen seyn soll; so wär die einzige Wirkung, die diese Wärme im Wasser hervorgebracht haben könnte, eine Vermehrung seiner Temperatur; die indessen viel zu klein seyn müßte, als daß wir sie durch das Gefühl oder durchs Thermometer entdecken könnten.

Vielleicht glaubt man; daß um die erhizte Oberfläche des Bernsteintheilchens herum Wasserdampf entstehen und sich zeigen müsse; — aber wenn wir die Sache nur einen Augenblick betrachten, so werden wir sehen, daß dieses Ereigniß unmöglich hier eintreten kann. Gesetzt auch (was indeß gar nicht wahrscheinlich ist) daß die einzelnen Wassertheilchen, die mit der heißen Oberfläche des Bernsteins in Berührung kommen, so lange in dieser Berührung mit ihm verharrten, bis sie nach und nach diesen Grad der Temperatur erreicht hätten, worin das Wasser in Dampf verwandelt wird; so würden sich doch diese Dämpfe bey der außerordentlichen Schnelligkeit, womit sie sich in Berührung mit kaltem Wasser condensiren, unter diesen hier angenommenen Umständen keinen Augenblick als solche erhalten können. Als unmittelbarer Beweis, daß der Dampf unter solchen Umständen nicht bestehen kann, dient das, was sich mit den großen Eisen- oder Stahl-Massen zuträgt, die, nachdem sie im Zugofen zu der größten intensiven Hitze gebracht sind, zur Verfertigung scharfer Werkzeuge, von den Schmieden plözlich in kaltes Wasser getaucht werden. Man kann hier diese rothglühenden Metallstücke sehr deutlich in der wirklichen Berührung mit dem kalten Wasser sehen: und stiege nicht ein Theil des Wassers, das durch das

heiße

heiße Eisen zersetzt wird, in Blasen brennbarer Luft in die Höhe; so hätten wir hier wahrscheinlich gar keine sichtbaren Anzeigen, aus denen die Entstehung des Dampfes gemuthmaßt werden könnte.

Hieraus sehen wir die Möglichkeit, daß intensive Hitze in der Mitte einer kalten Wasser-Masse, oder irgend einer andern durchsichtigen Flüssigkeit Statt finden kann; ohne daß dadurch irgend einige sichtbare Wirkungen hervorgebracht, oder Spuren von der Existenz der Hitze zurückgelassen werden.

Wir wollen nun einen Fall betrachten, in dem die Hitze, wegen der außerordentlichen Kleinheit des Theilchens der Materie, in der sie existirt, für unsre Organe zwar unbemerkbar ist; aber dennoch sehr sichtbare Wirkungen hervorbringen kann. Wir wollen z. B. annehmen, daß eine Auflösung von salzigsaurem Golde, oder Gold-Kalk im Wasser, den Sonnenstrahlen ausgesetzt sey. Wär diese Auflösung vollkommen durchsichtig, so könnte in ihr das Licht keine Wärme erzeugen; da dies aber nicht ist, so muß durch das von diesen undurchsichtigen Theilchen des Gold-Oxyds verschluckte Licht nothwendig Wärme von dem höchsten Grade der Intensität hervorgebracht werden. Da das Gold eine sehr schwere

Substanz

Substanz ist, so versteht es sich von selbst, daß es in außerordentlich kleinen Theilchen muß zerlegt werden, damit es, wenn es durch seine Vereinigung mit dem Sauerstoff zu einem Oxyd verwandelt ist, in dem Wasser aufgelößt und in ihm schwebend verharren kann. Ferner ist es klar daß je kleiner irgend ein solches isolirtes Theilchen des festen Körpers ist, auf dessen Oberfläche durch die Verschluckung des Lichts Wärme erzeugt wird; daß denn, die so erzeugte Hitze, desto schneller durch die ganze Substanz des Patikelchens verbreitet und das Partikelchen selbst desto gleicher und intensiver erhitzt werden muß.

Hieraus erhellet aufs deutlichste, daß, wenn die im Wasser verbreiteten Theilchen des Oxyds nur gehörig klein genug sind, die durch die Sonnenstrahlen in ihnen erzeugte Hitze völlig hinreichen wird, den mit dem Golde verbundnen Sauerstoff, oder Oxygen auszutreiben, und so das Metall wieder herzustellen.

Gegen diese Folgerung läßt sich ein sehr leicht darbietender Einwurf machen, der aber auch ohne Schwierigkeit zu heben ist, nemlich der: „wie kommt es, daß, da das erhitzte Theilchen des metallischen

Oxyds doch mit dem Wasser in Berührung ist, nicht ein großer Theil dieser Hitze unmittelbar in das kalte Fluidum übergeht?“ Ich könnte hierauf antworten, weil beides Wasser und Dampf Nichtleiter der Wärme sind; — und als einer Bestätigung dieses Grundes könnte ich die sehr bekannte Thatsache anführen; daß ein Tropfen Wasser, den man auf ein weißglühendes Eisen tröpfelt, einige Zeit lang auf dem Eisen verweilt, ohne in Dampf verwandelt zu werden; ja er verweilt eine beträchtlich längere Zeit auf demselben, als wenn das Eisen um vieles weniger erhitzt wär; — aber ein Umstand der sich bey dem schönen Versuch des Verbrennens des Eisens in Sauerstoffgas zeigt, bietet einen noch mehr unmittelbaren Beweis für die in Frage stehende Thatsache dar.

Nach dem gewöhnlichen Verfahren bey diesem Versuche, wird das Eisen, welches ein Stück dünner, einige Zoll langer Eisen-Draht ist, in eine Flasche mit einem engen Halse, in der sich Sauerstoffgas befindet, hineingesenkt: das eine Ende des Drahts wird in dem Korkstöpsel, der in die Mündung der Flasche paßt, befestigt: das andere zugespitzte Ende desselben wird zuerst in der Flamme eines Lichtes glühend gemacht und denn plözlich in die Flasche hineingebracht. Die Verbrennung beginnt

ginnt in dem Augenblicke da der rothglühende Draht mit dem Sauerstoffgas in Berührung kommt, und dauert mit der größten Heftigkeit so lange fort bis der Draht oder das ganze Sauerstoffgas verzehrt ist. Dies Verbrennen und das dabey sich zeigende starke Ausstrahlen eines weißen intensiven Lichtes gewährt den schönsten Anblick, den man sich denken kann.

Das Produkt dieser Verbrennung ist die Oxygenirung oder Verkalkung des Eisens; und dieses geschmolzene metallische Oxyd fällt, bis zur größten weiß Glühhitze erhitzt, in Küchelchen von verschiedener Größe auf den Boden der Flasche nieder.

Um das Glas gegen diese Tropfen des geschmolzenen Eisenkalks zu schützen, läßt man gewöhnlich einen Zoll hoch Wasser auf seinem Boden stehen. Bey alle dem habe ich oft gesehen, daß viele dieser Küchelchen, die viel kleiner als Erbsen sind, nicht allein rothglühend durch das Wasser hindurch fielen; sondern auch noch auf dem Boden der Flasche vom Wasser umgeben, zum wenigsten zwey oder drey Sekunden rothglühend blieben; und (so viel ich mich erinnern kann) die Glastheilchen worauf sie lagen wirklich schmelzten, ohne den geringsten Anschein von Dampf hervorzubringen.

Das Wasser konnte hierbey nicht zersetzt werden, weil das Eisen bereits mit Sauerstoff schon gesättigt war.

Dieser Versuch bietet, glaub ich, einen unstreitbaren Beweis dar; daß zum wenigsten auf ein kurze Zeit, intensive Hitze in einem kleinen Theilchen einer festen Substanz Statt finden kann, das von einer kalten Flüssigkeit umgeben ist.

Da man nun durch wirkliche Versuche gefunden hat; daß das Gold einer salzigt sauren Goldauflösung wieder hergestellt wird, wenn man diese in Wasser den Sonnenstrahlen aussetzt; und da es bekannt ist, daß ein Gold-Oxyd auf trocknem Wege durch die bloße Hitze, ohne irgend eine Beimischung, wieder reducirt werden kann; warum sollten wir nun nicht schließen können, daß dies in dem betrachteten Falle reducirte Metall, auch bloß durch die Hitze ist wieder hergestellt worden? — und daß die Intensität der Hitze, durch die diese Oxygenirung ist bewirkt worden, in beyden Fällen genau dieselbe ist?

Wird uns dies zugegeben, so können wir nun vielleicht einen Schritt weiter gehen und die Natur und Fortschritte der mechanischen Operationen betrachten

trachten

trachten, die bey der Desoxidirung der Metalle, oder bey ihrem Niederschlag aus einer Auflösung ihrer Oxyden eintreten; fofern nemlich diese Operation durch Hitze bewirkt wird, die nicht durch Licht, — sondern durch die Berührung und Vereinigung unendlich kleiner Theilchen verschiedenartiger Körper ist erzeugt worden; die bey ihrem Zusammenkommen geneigt sind freie Wärme hervorzubringen und zu verschlucken: diese Theilchen nun die in der flüssigen Auflösung, und in der Substanz enthalten sind, die man zur Bewirkung des Niederschlags hinzusetzt, werden eben durch diese Mischung mit einander in Berührung gebracht.

Dies würde uns natürlich zu einer Untersuchung der Erscheinungen der chemischen Auflösung führen; — hätten wir von diesen eine deutliche Einsicht uns verschafft, so würde uns denn ein helles Licht über die mechanischen Operationen aufgehen, durch die diese Tendenzen zur Vereinigung, die man Wahlverwandtschaft nennt, hervorgebracht werden.

Aber wie schwer ist diese Unternehmung! welch ein tiefes Studium erfordert sie! welche Anstrengungen der Einbildungskraft sind dazu nöthig, um solch einer Aufeinanderfolgung von Begebenheiten,

die gänzlich für unsre, auch selbst durch die Hülfsmittel der Kunst unterstützten Organe unbemerkbar sind, — nachspüren und deutliche Ideen sich von ihnen verschaffen zu können.

Meiner Schwäche bewußt, wag ich es nicht, weiter zu gehen. — Vielleicht glaubt man, daß ich bereits schon zu weit gegangen bin; — dann muß ich nur aufrichtig gestehen, daß ich in dem gegenwärtigen Fällen nicht ohne Absicht so kühn gewesen bin.

Es giebt zwey Mittel, wodurch man sowohl Gelehrte als andere Menschen dazu bringen kann, sich mit Eifer auf die Nachforschung irgend eines merkwürdigen Gegenstandes der Untersuchung zu legen; man muß sie nemlich dazu entweder anlocken, oder auffodern.

Daß ich diese beiden Mittel zu gebrauchen mich bemüht habe, wird der Aufmerksamkeit meiner Leser nicht entgangen seyn. — Die Gefahren, die das letztere Mittel begleiten, kenn ich recht gut; aber die Leidenschaft, die ich für die Lieblings-Gegenstände meiner Nachforschungen fühle, treibt mich oft mit Gewalt weit über die Gränzen hinaus, welche die Klugheit meinen kühnen Ausschweifungen setzen würde.

VI. Capitel.

Beschreibung einer Menge verschiedener Versuche. — Thermometer mit cylindrischen Behältern können dazu gebraucht werden, um zu zeigen, daß tropfbare Flüssigkeiten Nichtleiter der Wärme sind. — Eiskaltes Wasser, das auf Eis ruht, kann erwärmt und zum Kochen gebracht werden. — Merkwürdige Erscheinungen, die das Aufthauen des Eises, das Schmelzen des Talges, und des Wachses, bey der strahlenden Wärme einer rothglühenden Kugel, begleiten. — Schöne Krystalle des Kochsalzes, die in einer auf Quecksilber stehenden Salzauflösung entstanden waren. — Oliven Oehl, das auf einer Salzauflösung ruht, verliert wenn es den Licht ausgesetzt wird bald seine Farbe. — Ein Versuch, strahlende Wärme von einer rothglühenden Kugel in Oehl herabfahren zu lassen. — Beschreibung einer künstlichen Atmosphäre, in der horizontale Ströme hervorgebracht wurden. — Vermuthungen über die nächsten Ursachen der Winde.

Obgleich diese Abhandlung bereits zu einem grösseren Umfang angewachsen ist, als ich anfänglich beabsichtigt und gewünscht habe, — da ich wohl weiß, wie unwillkommen gewöhnlich große Bücher

sind;

sind: so konnte ich ihn doch nicht schließen, ohne noch das folgende Capitel hinzuzufügen. In diesem Capitel wird der Leser Beschreibungen von verschiedenen Versuchen finden, von denen ihm einige wahrscheinlich nicht ganz uninteressant seyn werden. Um ihm so wenig als möglich Zeit zu rauben, werd ich mich in diesen Beschreibungen ganz kurz fassen, und in den meisten Fällen es ihm überlassen, aus den Resultaten der beschriebenen Versuche seine eignen Folgerungen und Schlüsse zu ziehn.

§. 1.

Beschreibung verschiedener einfacher Versuche, welche zeigen; daß sich die Wärme in den Flüssigkeiten nicht nach unten verbreitet.

Wenn man ein Thermometer, dessen unterer Behälter cylindrisch, etwas lang, z. B. 6 Zoll, und ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll nur weit, und mit Queckfilber, Oehl, Weingeist, oder irgend einer andern Flüssigkeit gefüllt ist, mit der man diesen gegenwärtigen Versuch anstellen will, — in irgend einer über den Frostpunkt erhabenen Temperatur, mit seinem untern Ende, oder bis an die Hälfte seines untern Behälters in eine Mischung aus zerstoßenem Eise und Wasser setzt; so wird die Höhe des Fluidi in der Röhre des Instru-

strumentes zeigen; daß die Hälfte des in dem cylindrischen Thermometer-Behälter befindlichen Fluidi eiskalt ist, während die Temperatur der andern Hälfte unverändert bleibt.

Das Resultat des Versuches ist dasselbe, wenn man über die obere Hälfte des Thermometer-Behälters, die über die Frost erregende Mischung hervorragt, eine mit feinem Pelzwerke gefütterte Scheide zieht, um während des Versuches den Zutritt der Wärme aus der Luft zu demselben abzuhalten.

Wenn mehr oder weniger als die Hälfte des Thermometerbehälters in die Eis- und Wasser-Mischung getaucht wird, so wird die Höhe des Fluidi in der Röhre zeigen, daß nur so viel von dem im Behälter befindlichen Fluido abgekühlt ist, als so weit er in der Frost erregenden Mischung steht.

§. 2.

Eiskaltes Wasser, das auf Eis steht, kann, ganz der so gewöhnlich herrschenden Meinung entgegen, erhitzt und zum Kochen gebracht werden, ohne daß das Eis schmilzt.

Man nehme eine dünne Glasröhre, von 1 Zoll Durchmesser, und ungefähr 8 oder 10 Zoll Länge;

und

und nachdem man sie ungefähr mit 2 oder 3 Zoll Wasser gefüllt hat, so tauche man das untre Ende derselben in eine Frost erregende Mischung von zerstoßenem Eise und Kochsalz und lasse so das Wasser in der Röhre gefrieren. Wenn dies geschehen ist, so gieße man auf dieses Eis wieder 2 oder 3 Zoll eiskaltes Wasser und nachdem man das untre Ende mit etwas Flanel, ungefähr 2 Zoll hoch umwickelt hat, so halte man hierbey die Röhre, in einem Winkel von ungefähr 45°, schräg über ein Licht; so daß der Punkt der Röhre, bis zu dem die Oberfläche des in ihr befindlichen flüssigen Wassers reicht, grade über den Flammpunkt des Lichts ungefähr 2 oder 3 Zoll davon entfernt zu stehen kommt. Wenn das Wasser in diesem Theile der Röhre zu kochen anfängt, so lasse man allmählig die Flamme immer etwas mehr tiefer an die Röhre anspielen. So kann man bey gehöriger Vorsicht die ganze Wassermasse in der Röhre bis $\frac{1}{4}$ Zoll weit vom Eise zum heftigsten Sieden bringen, ehe das Eis zu schmelzen anfängt; zuletzt wird man sehen, daß es sogar selbst auf der Oberfläche des Eises kocht.

§. 3.

Die strahlende Hitze einer rothglühenden eisernen Kugel scheint nicht im Stande zu seyn

sich

sich herabwärts durch flüssiges Wasser, geschmolzenes Talg oder Wachs verbreiten zu können.

1ter Versuch.

Ein sehr kleines Queckſilber-Thermometer, mit einem kugelförmigen Behälter, wurde auf den Boden einer flachen hölzernen Schüssel, auf zwey Wachsstückchen horizontal gelegt, so daß die gedruckte Skale oberhalb zu liegen kam und man also den Queckſilberstand in der Röhre bemerken konnte. Nachdem dies geschehen war, goß ich soviel kaltes Wasser in die Schüssel, bis es ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll hoch über dem Thermometer-Behälter stand und hielt nun, in der Entfernung eines Zolls, senkrecht über diesen Behälter eine rothglühende eiserne Kugel von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser.

Kaum verspürte man am Thermometer den geringsten Einfluß von der Nähe dieses rothglühenden Eisens.

Wenn man Oehl Statt des Wassers in die Schüssel goß, war das Resultat des Versuchs dasselbe: Wurde das Thermometer, ohne mit einer Flüssigkeit bedeckt zu seyn, nakt den Strahlen dieses

heißen

heißen Eisens ausgesetzt, so schien es sehr schnell Wärme aufzunehmen. Die beyden folgenden Versuche waren noch entscheidender und befriedigender.

2ter Versuch.

Eine flache irdne Schüssel, ungefähr 2 Zoll tief und von 12 Zoll Durchmesser, wurde bis an ihren Rand mit Wasser gefüllt und so in eine kalte Stube gesetzt, wo dann das Wasser gefror und eine einen Zoll dicke Eisscheibe auf seiner Oberfläche bildete. Die Schüssel wurde auf ihrer Stelle gelassen, damit die Oberfläche des Eises völlig horizontal bleiben konnte, was bey diesem Versuche nöthig war. Nun hielt ich die rothglühende eiserne Kugel, die ich eben erst aus den brennenden Kohlen herausgenommen hatte über den Mittelpunkt dieser Eisscheibe, in der Entfernung von ungefähr $\frac{1}{10}$ Zoll.

Das grade unter der Kugel befindliche Eis zerschmolz sogleich, aber nur zu einer sehr unbeträchlichen Tiefe. Das erzeugte Wasser bewegte sich sehr langsam vom Mittelpunkt aus nach dem Umfange der Höhlung und so entstand zuletzt ein sehr flaches kreisförmiges Becken, vom 2 bis 3 Zoll im Durchmesser, der in der Mitte am tiefsten war und hier etwas weniger Wasser enthielt.

Dieser

Dieser kleine See schien die ihn umgebende Eiswand immer mehr und mehr angreifen zu wollen. Die Wassertheilchen die durch die Berührung mit der Eiswand eiskalt werden, werden dadurch spezifisch leichter und steigen aufwärts; auf diese Art wird den wärmern Theilchen Platz gemacht, sich von unten herauf erheben zu können. Dies verursacht, zwischen dem Mittelpunkte (wenn das heiße Eisen über ihn aufgehängt gelassen wird) und dem Umfange dieser Aushölung Ströme von entgegengesetzten Richtungen. Da ein Strom vom 41° Temperatur in der Mitte des Kreises nothwendig herabsteigen, und gegen den Mittelpunkt der im Eise entstandenen Aushölung stoßen muß, so muß diese nach und nach auf diesem Punkt immer tiefer werden, — und dies war auch wirklich der Fall.

3ter Versuch.

Als ich denselben Versuch mit einer flachen Scheibe aus Talg anstellte; so zeigte sich in der That eine sehr außerordentliche Erscheinung, die mich zuerst sehr überraschte, von der ich aber bald einsah daß sie einen neuen und sehr auffallenden Beweis, von der nichtwärmen leitenden Beschaffenheit der Flüssigkeiten abgab.

Ich fand nemlich den Boden der durch das geschmolzene Talg auf der Scheibe entstandnen Aushöhlung nicht konkav wie beym Eise, noch flach, wie ich ihn erwartet hatte, sondern konvex: oder er erhob sich vielmehr in Gestalt einer Warze, oder einer sehr stumpfen Spitze, deren Aeußerstes beynah bis an die Oberfläche des geschmolzenen Talges reichte! Da die eiserne Kugel der Talgscheibe so nah als möglich gehalten wurde, so war das Ende dieser Talg-Warze, die ungeschmolzen blieb; gewiß nicht mehr als $\frac{2}{10}$ von der rothglühenden Kugel entfernt.

Wie ich über das unerwartete Resultat dieses Versuches meine Betrachtung anstellte, so fand ich mich nicht wenig durch den Beweis, den es mir zu geben schien, gedemüthigt; daß es beynah unmöglich ist, Ereignisse mit Gewißheit vorher zu bestimmen, deren Entstehung von uns noch niemals ist beobachtet worden.

Ob ich gleich wohl wußte, wie unter den gegebnen Umständen die Wärme mitgetheilt werden mußte und die Richtung der dadurch entstehenden Ströme in dem geschmolzenen Talge mit Gewißheit vorhersagen konnte: so war ich doch bey der allergrößten Anstrengung meiner Verstandeskräfte nicht

im

im Stande, voraus zu sehen; daß der Punkt, der den geringsten Grad von Wärme erhält, gerade der seyn würde, der der glühenden Kugel am nächsten war, und daß sich hier im Talge ein Berg bilden würde. Das mögen sich die zur Warnung gereichen lassen, die auf Versuche bauen, welche nicht angestellt sind, und über deren Resultate sie bloß Vermuthungen erregen.

Ich wiederholte nachher diesen Versuch mit einer Scheibe aus feinem, gebleichten Wachs, dessen Resultat beynah dasselbe war; nur war die Erhebung, die sich in der Mitte der runden vom geschmoltzenen Wachs angefüllten Aushölung befand nicht so beträchtlich hoch, wie die beym Talge.

§. 4.

Schöne Krystallisation des Kochsaltzes, die sich in einer Auflösung desselben, die auf Queckstilber stand, zeigte.

Durch einen Zufall war in einer abgelegenen Stube des Hauses ein offenes Glas stehn geblieben, worin sich eine kleine Quantität von einer starken Auflösung von Kochsaltz, über einer Schicht Queckstilber befand. Nach einem halben Jahre kam ich von ungefähr dazu und fand hier zwey herrliche Saltzkrystalle

stalle gebildet, vollkommen parallelepipedisch; von denen der eine $\frac{1}{40}$ Zoll lang, $\frac{1}{40}$ breit und $\frac{5}{40}$ hoch, der andre $\frac{1}{40}$ Zoll lang, $\frac{1}{40}$ breit und $\frac{1}{50}$ Zoll hoch war.

Sollte nicht zu dieser ungewöhnlichen Größe und Regelmäßigkeit der Krystalle das Queckfilber, worauf die Salzauflösung stand, etwas beygetragen haben? und könnte man sich nicht durch eine ähnliche Vorkehrung auch solche schöne Krystalle von andern Salzen verschaffen? —

§. 5.

Oliven Oehl, das auf einer Salzauflösung stand, wurde durch die Luft, der es ausgesetzt war, farbenlos.

Ebenso war durch einen Zufall in einer abgelegenen Stube, wo nie die Sonnenstrahlen hineinfallen, ein offnes Glas von ungefähr 4 Zoll im Durchmesser stehen geblieben; worin eine Quantität Oliven-Oehl, ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll hoch, über einer mäßig starken Salzauflösung stand. Nach einem halben Jahre bemerkte ich, daß das Oehl vollkommen farbenlos geworden war; und es schien mir beynah so durchsichtig zu seyn, wie das reinste Wasser. In dem darauf folgenden Winter bemerkte ich, daß

dieses

dieses Oehl viel leichter bey der Kälte gefror, als dasselbe Oehl, das mehrere Monate daneben gestanden hatte, aber in einer großen Flasche, die mit einem Kork zugestopft war.

§. 6.

Ein mislungener Versuch, strahlende Hitze aus einer rothglühenden eisernen Kugel im Oehl herabsteigen zu lassen.

Nachdem ich eine Quantität dieses farbenlosen Oehls in ein Weinglas gegossen hatte und durchaus gefrieren ließ; so hielt ich die rothglühende eiserne Kugel, von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, ganz dicht über die Oberfläche des Oehls, und zwar mehrere Minuten hindurch, bis die Kugel aufhörte roth zu glühen. Da es mir mehr schien, daß das Oehl durch die Kälte verdichtet sey, und zufolge der Gegenwart der in ihm überall verbreiteten undurchsichtigen Theilchen seine Durchsichtigkeit verloren habe, als daß es zu einer festen Masse gefroren sey; so glaubte ich, daß wenn es der strahlenden Hitze ja möglich sey, sich in einer Flüssigkeit herabwärts verbreiten zu können; es vielleicht in dieser geschehen könne: und wenn dies hier der Fall seyn sollte, so war ich gewiß, dies durch die Art, wie das Oehl seine Durchsichtigkeit wieder erhalten würde, entdecken zu können.

Denn sollte die strahlende Hitze herabsteigen, so müßte die Gestalt der zuerst zu seiner Durchsichtigkeit wieder verholfenen Oehl-Masse nothwendig hemisphärisch, oder irgend ein Kugeldurchschnitt; oder zum wenigsten etwas konvex seyn. Aber die Grundfläche des in diesem Versuche zuerst wieder durchsichtig gewordnen Oehltheilchens war, nach allem Anschein, eben so eben und horizontal wie seine Oberfläche; dies beweißt, daß die Wärme, durch die das gefrorne Oehl aufgethaut ward, demselben nicht unmittelbar durch die rothglühende Kugel mitgetheilt war, sondern mittelbar, durch die Wärme, die von den Seiten des Weinglases verschluckt oder erzeugt worden war. Dieser Versuch, scheint mir in vielen Rücksichten sehr wichtig zu seyn; aber es würde meiner gegenwärtigen Absicht zu wider seyn, mich in eine Untersuchung des Gegenstandes, mit dem er auf das genauste verbunden ist, einzulassen.

Ich kann diese Abhandlung nicht schließen, ohne noch zuvor meinem Leser die Beschreibung eines Versuchs gegeben zu haben, dessen Resultat nicht allein ganz unerwartet, sondrn auch ungemein interessant war.

Zufälligerweise hatte ich das kleine Instrument, — das ich dazu eingerichtet hatte, um die

innern

innern Bewegungen des Wassers sichtbar zu machen, die in ihm entstehn, wenn Wärme in dieser Flüssigkeit fortgepflanzt wird, *) — auf ein Fenster gesetzt. Da es Winter war und die Stube geheitzt wurde, so war die dem Fenster am nächsten stehende Seite dieses Instruments einem kalten Luftstrom ausgesetzt; während die andre Seite von der warmen Luft der Stube beständig Wärme empfing; hierdurch wurde die in dem Instrument befindliche Flüssigkeit in beständige Bewegungen gebracht, die einen sehr interessanten Anblick gewährten.

Bloß um mich und meine Freunde, die mich besuchen, zu vergnügen, ließ ich, ohne die geringste Erwartung einer neuen Entdeckung, mir das Instrument verfertigen, das ich nun beschreiben werde und das bloß mir dazu dienen sollte, diese beständigen Bewegungen auf eine recht auffallende Art darzustellen.

Ich ließ ein flaches Kästchen von zwey gleichgroßen, 13 Zoll hohen und $10\frac{1}{2}$ Zoll breiten feinen Glas-Platten verfertigen, die in einem viereckigen messingenen Rahmen so eingesetzt wurden, das sie völlig pa-

*) Die Beschreibung dieses Instruments steht im 2ten Capitel dieses Essay.

rallel laufend 1 Zoll weit von einander abstanden. In der Mitte der obern messingen Platte, wurde eine runde ungefähr ½ Zoll weite Oeffung mit einer kleinen ½ Zoll langen messingenen Röhre, und dieselbe Vorrichtung auch in der Mitte der untern Platte des Rahmens angebracht. Die erste Oeffnung dient dazu um die Flüssigkeit in das Kästchen hineinbringen zu können, mit der es gefüllt werden soll; die andre Oeffnung dient zur Herauslassung derselben: beyde werden mit anpassenden Korkstöpseln wohl verstopft.

Die Fugen des Rahmens, worein die Glasscheiben gesetzt wurden, wurden mit Glaserkitte wasserdicht gemacht. An der Aussenseite des Rahmens war ein kleiner Rand von Messingblech angebracht, vermittelst desselben dies Kästchen, an der Stelle einer herausgenommenen Scheibe, in den einen Fensterflügel meiner Stube eingesetzt werden konnte. Das Fenster lag gegen Süd-Ost und folglich wurd es einen großen Theil des Tages hindurch von der Sonne beschienen.

Nach dem ich eine hinreichende Menge von derselben Salzauflösung — deren ich mich zu dem Versuch bedient habe, um die innern Bewegungen in den Flüssigkeiten sichtbar zu machen, zubereitet und sie in einem gehörigen Verhältnisse mit gepülverten

gelben

gelben Bernstein vermischt hatte; so füllte ich nun das Glaskästchen mit dieser Flüssigkeit halb voll. Da die Luft der Stube beträchtlich wärmer war als die äussere, so erwartete ich, daß die durch den Durchgang der Wärme veranlaßten Bewegungen sogleich anfangen würden.

Dies geschah denn auch wirklich; aber wie groß war mein Erstaunen, da ich Statt der erwarteten senkrechten Ströme horizontale Ströme entdeckte; die ihren Lauf in entgegengesetzten Richtungen nahmen, — einer über den andern; — wie reguläre Winde; — und die in den verschiedenen Regionen dieser künstlichen Atmosphäre entstanden und eine lange Zeit mit der größten Regelmäßigkeit herrschten; — die kleinen Bernsteintheilchen häuften sich dabey mannichfaltig zusammen, und bildeten Wolken von den sonderbarsten Formen, die von den Winden getrieben, den Zauber dieses Schauspiels vollendeten.

Es würde mir unmöglich seyn das Vergnügen zu beschreiben, mit dem ich diese schönen Erscheinungen betrachtete.

In diesem Zustande des Enthusiasmus, worin ich mich befand, kam es mir wirklich so vor, als

habe

habe die Natur auf einen Augenblick den Schleier aufgehoben mit dem sie vor den Augen der Sterblichen ihre geheimsten und interessantesten Operationen verbirgt; und daß ich nun das Maschinenwerk in völligem Spiele sähe, wodurch Winde und Ströme in der Atmosphäre hervorgebracht werden.

Diesem reizenden Schauspiele fehlte zur Vollendung seines Zaubers nichts weiter mehr, als daß noch kleine Blitze aus diesen kleinen Wolken hätten hervorbrechen müssen. Sie waren in der That oft sehr aufgethürmt und schienen so völlig das Aussehn eines bevorstehenden Sturmes zu haben; daß, wenn dieser auch wirklich ausgebrochen wär, er mein Erstaunen gar nicht noch mehr hätte vermehren können.

Verschiedene zufällig hinzukommende Umstände machten diesen Versuch noch interessanter. Die Sonne, die grade recht auffallend hell glänzte, schien recht voll auf das Fenster, in dem der Apparat angebracht war; und da die Fugen des Rahmens in denen sich die Glasplatten befanden nicht tief waren, so erzeugte sich auf dem Theile des Rahmens, der den schmahlen Boden des Kästchens bildete und ganz den Sonnenstrahlen ausgesetzt war, eine beträchtliche Hitze; dies konnte man aus den Bewegungen

der

der gepülverten Berusteintheilchen abnehmen, die auf dem Boden lagen, oder durch die Ströme dahin gebracht wurden.

Wenn diese Theilchen, bey ihrer Erwärmung durch die Sonnenstrahlen, sich zu bewegen anfingen, so stiegen sie zuerst beynah ganz senkrecht in die Höhe; ehe sie aber noch eine beträchtliche Höhe erreichen konnten, wurden sie schräg, beynah in einer horizontalen Richtung von dem untern Strome fortgerissen, der dem Winde der Atmosphäre zu entsprechen schien, der auf der Oberfläche der Erde herrscht.

Dieses senkrechte Aufsteigen der Theilchen von dem Boden des Glaskästchens, und die darauf erfolgende Veränderung ihrer Richtung, erinnerte mich an eine in den heißen Ländern sehr gewöhnliche Erscheinung; die mich in meiner Jugend häufig ergötzt hatte. Bey einer sehr trocknen, heißen und ruhigen Luft, wenn die Sonne stark brennt, scheint die unterste Luftschicht, zunächst über dem Boden, oft in der heftigsten Bewegung zu seyn; die der des Aufkochens einer Flüssigkeit gleicht. Diese Bewegung ist auf der Oberfläche der Erde am heftigsten und scheint in der Höhe von 5 bis 6 Fuß über dem Boden aufzuhören.

Sollte diese heftige Bewegung nicht durch das Zusammenstoßen der heißen und verhältnißmäßig kälteren Luftströme entstehen, die sich noch an der Oberfläche der Erde senkrecht und in entgegengesetzten Richtungen bewegen? Und sollten nicht die Winde, die oberhalb herrschen, durch die Neigungen ganzer Luftmassen, schräg auf und nieder zu steigen, hervorgebracht werden?

Die herrschenden Ströme, die ich in meiner künstlichen Atmosphäre bemerkte, waren auch nie vollkommen horizontal: und wenn meine Muthmasungen über die Ursache der Winde richtig sind; so können diese Winde, die in den obern Regionen der Erd-Atmosphäre herrschen auch nie vollkommen horizontal seyn.

Die größte Schnelligkeit der Ströme in der Salzauflösung dieses Versuchs waren beynah zwey Zoll in einer Minute; aber gewöhnlich waren ihre Bewegungen langsamer. Da die Fenster der Stube in der dieser Versuch angestellt wurde, doppelt sind (und das sind sie in der Stube die ich bewohne sowohl im Sommer, wie im Winter) und da dieser beschriebne Apparat in einem der innern Fensterflügel eingesetzt war; so hatte ich es durch Aufmachung

des

des innern oder äußern Fensters in meiner Gewalt, gleiche oder ungleiche Wärme den beiden entgegengesetzten Seiten des Kästchen zuzuführen: durch diese Veränderungen konnte ich verschiedene interessante Erscheinungen in diesem Versuche hervorbringen.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ermangelte nicht, sich regelmäßig an jedem Tage die drey Wochen hindurch, daß dieser Versuch fortgesetzt wurde, einzustellen *). Die Wolken, die von den verschiedenen Strömen, deren zuweilen sechs bis sieben von entgegengesetzter Richtung sich zugleich im Fluido zeigten, den ganzen Tag lang herumgetrieben wurden, vereinigten sich nemlich am Abend stets in grossen Massen, die bald in einer, bald in zwey, zuweilen auch in drey Schichten, in verschiedenen Höhen standen, und in dieser Lage allem Anscheine nach, die ganze Nacht hindurch, in vollkommener Ruhe verharrten.

Ueber die nächste Ursache dieser Erscheinung kann wohl keine Frage entstehen; da sie ohne Zweifel einer Verrin-

*) Durch die Ungeschicklichkeit eines Bedienten wurde beym Zumachen des Fensterflügels das Glas-Kästchen zerbrochen und so dem Versuche zufälligerweise ein Ende gemacht.

Verringerung oder dem gänzlichen Aufhören der Haupt-Ursache, — die diejenigen Ursachen, oder einige von ihnen bewirkte, durch die eine Ungleichheit der Temperatur in der Flüssigkeit hervorgebracht und erhalten wurde, — zuzuschreiben ist; — aber es würde sehr interessant seyn, den entfernteren Ursachen dieser Erscheinung nachzuspüren, und zu sehen wie weit das Licht, oder vielmehr seine Abwesenheit bey der Hervorbringung derselben mit thätig war. — Die Bestimmung dieser Frage würde mich aber zu einer sehr abstrakten Untersuchung über die strahlende Hitze führen, — die mehr Zeit erfodern würde, als ich ihr jetzt widmen könnte. Vielleicht finde ich in der Zukunft Muße und Muth diese schwierige Untersuchung unternehmen zu können. Daß ich bis jetzt dieser Materie recht mit Fleiß aus dem Wege gegangen bin, wird der Leser wohl ohne Zweifel bemerkt haben.

Ich kann von diesem Versuche nicht Abschied nehmen, ohne noch zuvor meinem Leser eine getreue Erzählung jedes dabey sich gezeigten Vorfalls, und besonders eines zufälligen Umstandes gegeben zu haben, der vielleicht einigen Theil an der Hervorbringung dieser interessanten Erscheinungen hatte, die meine Aufmerksamkeit so sehr an sich zogen.

Die

Die Salzauflösung und der gepülverte Bernstein wurden in einer Flasche unter einander gemischt und diese Mischung wurde erst in das Glaskästchen gegossen, nachdem es in dem Fensterflügel war befestigt worden: Da ich sie hineingoß, fand ich, daß ich nicht genug von derselben zubereitet hatte. Um diesen Mangel zu ersetzen, ohne das Glaskästchen wieder ausleeren zu dürfen, setzte ich zu verschiedenen Zeiten, reines Wasser und eine starke Pottaschen-Auflösung in den Verhältnissen zu, die, wie ich wußte, die erforderliche specifische Schwere hervorbringen mußten, und bewegte denn vermittelst einer langen und starken Feder, die ich durch die obre Oeffnung des Glaskästchens hineinsenkte die, Mischung recht gut unter einander.

Ob nun diese verschiedenen Portionen des Fluidi auf diese Art recht genau und auf das innigste mit einander vermischt wurden, kann ich nicht gewiß behaupten. Zum wenigsten hatten sie aber den Anschein es zu seyn; denn der Bernstein war augenscheinlich wohl vermischt und in jedem Theile des Fluidi sehr gleich vertheilt. Sollte man aber auch annehmen, daß die zu verschiedenen Zeiten hineingegossenen Portionen des Fluidi, der Verschiedenheit ihrer spezifischen Schweren gemäß, verschiedene, immer

bleibende

bleibende Schichten in demselben bildeten; so würde deshalb das Resultat dieses Versuchs nicht weniger interessant und seine Anwendung zur Erklärung des Ursprungs der Winde in der Atmosphäre nicht weniger befriedigend seyn.

Uebrigens bin ich weit davon entfernt zu verlangen, daß man ein großes Gewicht auf diesen einzelnen Versuch legen soll; da ich wohl einsehe, daß man noch andre ersinnen kann, deren Resultate noch entscheidender seyn würden: der in demselben uns gegebne Wink aber ist zu deutlich, als daß er nicht einige Aufmerksamkeit verdienen sollte. Erweckt er die Wißbegierde der Naturforscher und reizt er sie zu weiteren Nachforschungen in Rücksicht dieses Gegenstandes so ist meine Hauptabsicht bey der Bekanntmachung dieses Versuchs völlig erreicht.

Erklä-

Erklärung der Kupfertafeln.

Dritte Tafel.

Fig. 2. stellt einen senkrechten Durchschnitt des Apparats dar, der beym 55ten Versuche gebraucht wurde: wo man durch die strahlende Hitze eines massiven, eisernen Cylinders, die sich durch Oliven-Oehl nach unten verbreiten sollte, eine Eisspitze zu schmelzen versuchte.

Das lange cylindrische Glas, worin die Eisscheibe gefroren war, steht in dieser Figur, in einer irdnen Schüssel, die mit zerstoßenem Eise gefüllt ist.

Das Oehl ist ebenfalls, auf der Eisscheibe des Glases ruhend, dargestellt. Den eisernen Cylinder sieht man in seiner papiernen Scheide, in der Achse des Glases so aufgehängt, daß seine flache Grundfläche in der Entfernung von $\frac{2}{10}$ Zoll grade über der hervorragenden Eisspitze steht.

Vierte Tafel.

Fig. 5. zeigt die Art wie der 57te Versuch angestellt wurde, wo man es dahin brachte; daß süßes

ßes Wasser unmittelbar auf einer Auflösung von Kochsalz ruhte, ohne sich mit ihr zu vermischen.

Bey diesem Versuche stand das kleinere Glas, worin sich die Salzauflösung, das süße Wasser und das über des letztern Oberfläche verbreitete Oliven-Oehl befand, in einem größeren cylindrischen Glase und dieses in einer flachen, irdnen Schüssel, die mit zerstoßenem Eise und Wasser gefüllt war.

Der Zwischenraum zwischen den beyden Gläsern war bis zu der Höhe eines Zolls über die Oberfläche des Oehls im kleineren Glase, mit Eisstückchen von der Größe einer welschen Nuß und mit eiskaltem Wasser angefüllt.

VIII.

Ueber

die Fortpflanzung der Wärme

in

verschiedenen Substanzen

enthaltend

mehrere neue Versuche hierüber.

Ferner

Forschungen über den Grund der Wärme der natürlichen und künstlichen Bekleidungen.

VIII.

Ueber
die Fortpflanzung der Wärme
in
verschiedenen Substanzen.

I. Capitel.

Beschreibung der Instrumente, die bey den angestellten Versuchen gebraucht wurden. — Verfertigung eines Thermometers, dessen Flasche eine Torricellische Leere (Vacuum Torricellianum) umgiebt. — Die Wärme geht durch die Toricellische Leere schwerer als durch die atmosphärische Luft. — Die wärmeleitende Kraft der Torricellischen Leere mit der, der atmosphärischen Luft verglichen und durch Versuche bestimmt. — Vergleichung der wärmeleitenden Kraft der trocknen und feuchten Luft. — Vergleichung der wärmeleitenden Kraft der Luft von verschiedenen Graden der Dichtigkeit. — Vergleichung der wärmeleitenden Kraft des Queckſilbers; des Waſſers, der Luft, und der Torricellischen Leere.

Die Untersuchung über die wärmeleitende Kraft der Luft und mehrerer anderer, sowohl flüssiger als

fester Körper, führte mich auf den Gedanken, auch die wärmeleitende Kraft der Torricellischen Leere zu untersuchen. Nach der auffallenden Analogie zwischen dem elektrischen Fluido und der Wärme in Hinsicht ihrer Leiter und Nichtleiter — da ich nemlich gefunden hatte, daß überhaupt die Körper die die Elektricität leiten, gleichfalls gute Leiter der Wärme sind, und im Gegentheil, daß die Körper, die schlechte Leiter für die Elektricität abgeben, es gleichfalls auch für die Wärme sind — so glaubte ich, daß die Torricellische Leere, durch welche die Elektricität so mächtig strömt, auch ein eben so guter Leiter für die Wärme seyn müsse.

Die gewöhnlichen Versuche über die Erwärmung und Abkühlung der Körper unter dem Recipienten einer Luft-Pumpe schienen mir zur Auflösung dieser Frage nicht passend zu seyn; nicht bloß wegen der Unmöglichkeit durch Hülfe der Luft-Pumpe einen völlig luftleeren Raum zu erhalten, sondern vorzüglich auch wegen der feuchten Dünste, die durch das nasse Leder und das bey der Maschine gebrauchte Oehl immer entstehen. Diese Dünste verbreiten sich dann unter dem Recipienten, und sind, obgleich nur sehr wenig, doch vermögend, einen großen Theil der Wärme fortzuleiten. Deswegen

mußte

mußte ich andere Maasregeln zur Aufklärung der Frage ergreifen.

Ich nahm ein leeres Thermometer, dessen Kugel gerade $\frac{1}{2}$ Zoll Par. M. im Durchmesser hatte, und befestigte letztere so in die Mitte eines holen Glas-Balls, von $1\frac{3}{4}$ Paris. Zoll im Durchmesser, daß, nachdem der kurze Hals oder die Oeffnung des Balls an die Thermometer-Röhre, $7\frac{1}{2}$ Linie über der Kugel angeschmolzen worden war, letztere sich in der Mitte des sie umgebenden Glas-Balls befand, und folglich ganz von der äußern Luft abgeschnitten war. Auf dem Boden des Glas-Balls befand sich eine kleine hohle Röhre, die herauswärts stand. Diese wurde an das Ende einer gewöhnlichen Barometer-Röhre von 32 Zoll Länge geschmolzen, und vermittelst der Oeffnung wurde nun der innere Raum zwischen dem Glas-Ball und der Thermometer-Kugel mit heißem Queckfilber angefüllt, das durch Kochen von Luft und Feuchtigkeit hinlänglich befreyt worden war. Da der Glas-Ball, und eben so die daran befestigte Barometer-Röhre mit Queckfilber gefüllt war, wurde die Röhre behutsam umgekehrt, und das offene Ende in eine Schale voll Queckfilber gestellt. Hierdurch wurde das Instrument ein Barometer, und indem das

Queckſilber aus dem Glas-Ball, der jetzt eben war; heraustrat, ſo wurde dadurch der Raum um die Thermometer-Kugel herum, luftleer. Nachdem das Queckſilber den ganzen Glas-Ball geräumt hatte, und bis auf 28″ (der damalige Barometerſtand) geſunken war, ſo ſchmolz ich an einer Lampe mit dem Löthrohre die Röhre $\frac{3}{4}$ Zoll über den Glas-Ball an, und trennte mit einer feinen Feile die übrige lange Barometer-Röhre ab. Das Thermometer füllte ich dann auf die gewöhnliche Art mit Queckſilber. So beſaß ich nun ein Thermometer deſſen Kugel ſich in einer Torricelliſchen Lere befand, welche zugleich als zu erwärmender Körper, und als Inſtrument, die mitgetheilte Wärme zu meſſen, diente.

Verſuch No. 1.

Mit dieſem Inſtrumente (ſ. Taf 5. Fig. 1.) ſtellte ich folgenden Verſuch an: Ich tauchte es in ein Gefäß mit Waſſer, deſſen Temperatur 18° Reaumur betrug, und ließ es darinne ſo lange, bis es die Temperatur des Waſſers angenommen hatte, d. i. bis das Queckſilber in der Thermometer-Röhre auch 18° zeigte. Dann nahm ich es aus dem Gefäß heraus, tauchte es ſchnell in ein anderes Gefäß mit heißem Waſſer, und hielt es am Ende der Röhre ſo hinein

(das

(das Wasser wurde kochend erhalten) daß der Glas-Ball, in dessen Mitte sich das Thermometer befand, gerade untergetaucht war. Ich bemerkte die Grade die das Queckſilber in verschiedenen Zeiten, von dem Moment des Untertauchens an gerechnet, stieg.

Nach Verlauf von
1 Minute 30 Sec. war das Queckſilber
gestiegen von 18° bis 27°.
Nach 4 Minuten . . 27° — 44° $\frac{2}{10}$.
Und am Ende von 5 Minuten
war es auf . . 48° $\frac{2}{10}$.

Versuch N. 2.

Jetzt nahm ich das Instrument aus dem kochenden Wasser, ließ es nach und nach an der Luft abkühlen, und nachdem es die Temperatur der Luft hatte, die 15° Reaum. betrug, so brach ich etwas von der kleinen Röhre, die den Fortsatz des Glas-Balls ausmachte, da wo sie hermetisch verschlossen worden war, ab, und sogleich strömte die atmosphärische Luft in den Glas-Ball. Nun verschloß ich den Glas-Ball, der das Thermometer umgab und jetzt mit atmosphärischer Luft gefüllt war, wieder hermetisch, wodurch denn keine Mittheilung mit der äußern Luft mehr Statt hatte. Mit dieser Vorrichtung wiederholte ich nun den obigen Versuch, d. h.

ich

ich stellte das Instrument erst in Wasser von 18° Temperatur, so lange, bis es dieselbe Temperatur angenommen hatte, tauchte es dann in kochendes Wasser, und beobachtete die Zeiten des Steigens des Queckfilbers im Thermometer. Sie waren folgende.

	Zeitverlauf.		Angenommene Wärme.
Wärme im Augenblick, wo das Instrument in das kochende Wasser getaucht wurde.	. . . . .		. . 18° R.
	Min.	Sec.	
Nachdem es im kochenden Wasser geblieben war.	0	45	. . . 27°
	1	0	. . . $34\frac{4}{10}$
	2	10	. . . $44\frac{9}{10}$
	2	40	. . . $48\frac{2}{10}$
	4	0	. . . $56\frac{2}{10}$
	5	0	. . . $60\frac{9}{10}$

Aus den Resultaten dieser Versuche folgt offenbar, daß die Toricellische Leere, wodurch das Strömen der elektrischen Flüssigkeit so sehr befördert wird, nicht bloß kein guter Leiter der Wärme ist, sondern daß ihre leitende Kraft sogar noch unter der atmosphärischen Luft steht, die doch schon selbst zu den schlechtesten Wärmeleitern gehört. Denn in dem letzten Versuche, wo die Thermometer-Kugel mit atmosphärischer Luft umgeben war, und das Instrument in kochendes Wasser getaucht wurde, stieg das Queckfilber in 45 Secunden von 18° bis auf 27°;

27°; hingegen in dem ersten Versuche, wo die Torricellische Leere die Thermometer-Kugel umgab, blieb das Instrument um denselben Wärmegrad (27°) zu erhalten, 1 Min. 30 Sec. = 90 Sec. in dem kochenden Wasser. — In der Torricellischen Leere brauchte es 5 Min. um bis auf 48 $\frac{2}{10}$ zu steigen; in der atmosphärischen Luft hingegen brauchte es zu derselben Höhe nur 2 Min 40 Secunden. — Das Verhältniß der übrigen Zeiten ist fast dasselbe, wie aus der folgenden Tabelle erhellt.

Die Kugel des Thermometers ruht in der Mitte des Glas-Balls und ist umgeben.

	Mit der Torricellischen Leere. 1. Versuch.			Mit atmosphärischer Luft. 2. Versuch.		
	Zeitverlauf		Angenom. Wärme.	Zeitverlauf		Angenom. Wärme.
Beym Tauchen in das kochende Wasser	. . .		18°	. . .		18°
Nachdem es darinn geblieben war	M.	S.		M.	S	
	1	30	27°	0	45	27°
				1	0	30 $\frac{4}{10}$
	4	0	44 $\frac{9}{10}$	2	10	44 $\frac{9}{10}$
	5	0	48 $\frac{2}{10}$	2	40	48 $\frac{2}{10}$
				4	0	56 $\frac{2}{10}$
				5	0	60 $\frac{9}{10}$

Diese

Diese Versuche wurden in Mannheim in den ersten Tagen des Julius 1785, in Gegenwart des Professors Hemmer und des Verfertigers der meteorologischen Instrumente der Academie, Carl Artaria angestellt. Letzterer unterstützte mich auch bey den Versuchen.

Da ich aber fand, daß die Verfertigung des Instruments, dessen ich mich bey beyden Versuchen bedient hatte, mit zu viel Mühe und Gefahr verknüpft war, welche letztere vorzüglich in der Schwierigkeit lag, den Glas-Ball an die Thermometer-Röhre so anzuschmelzen, daß nicht zugleich auch die Oeffnung der Röhre mit zugeschmolzen wurde, so unternahm ich eine andere Vorrichtung, die bequemer und leichter auszuführen war.

An das Ende einer Glas-Röhre 11 Zoll lang, und beynahe $\frac{3}{4}$ Zoll im innern Durchmesser ließ ich einen hohlen Glas-Ball $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser blasen mit einer Oeffnung auf dem Boden, welche mit der Oeffnung der Röhre correspondirte, und gleichen Durchmesser mit ihr hatte. An dieser Oeffnung wurde ein kleiner Hals oder Röhre, 1 Zoll lang gelassen. Ein dazu vorbereitetes Thermometer, dessen Kugel $\frac{1}{2}$ Z. im Durchmesser hatte, und dessen

Gefrier-

Gefrier-Punkt $2\frac{3}{4}$ Zoll über seine Kugel fiel, graduirte ich nach Reaumür, indem ich von 10° zu 10° die Grade mit Fäden von feiner Seide bemerkte, die ich um die Röhre band, und mit Lak-Firnis überzog, wodurch sie sich ganz fest anlegten. Dieses Thermometer brachte ich in den eben beschriebenen Glas-Cylinder mit dem hohlen Ball, durch die Oeffnung in letztern hinein. Den Cylinder hatte ich vorher ungefähr 2 Zoll über dem daran geblasenen Glas-Ball durch die Erhitzung und Einwärtsbiegung der Seiten-Wände gegen die Achse zu, verengt, so daß an dieser Stelle die Oeffnung nur so groß blieb, daß die Thermometer-Röhre eben noch hindurch geschoben werden konnte.

Nachdem dieses Thermometer so in den Cylinder geschoben war, daß das Centrum seiner Kugel mit dem des Glas-Balls coincidirte, so bemerkte ich die Stelle im Cylinder $\frac{3}{4}$ Zoll über dem 80° oder dem Sied-Punkte der Röhre des eingeschlossenen Thermometers, nahm ihn heraus, und verengte an der bemerkten Stelle gleichfalls den Cylinder. Jetzt schob ich das Thermometer zum letztenmale hinein, und schmolz mittelst der Lampe die untere Oeffnung im Glas-Balle zu, indem ich vorher den Glas-Cylinder umkehrte, wodurch das Thermome-

ter zurück fiel, so daß seine Kugel auf der untern Verengerung des Cylinders ruhte. Hierdurch wurde nun die Thermometer-Kugel um mehr als 3 Zoll von der Flamme der Lampe entfernt. Da die Oeffnung des Glas-Balls verschlossen war, und die Thermometer-Kugel wieder in denselben zurückgebracht war, so wurde der Glas-Cylinder $\frac{1}{2}$ Zoll oberhalb seiner obern Verengerung abgeschnitten. Sobald dieses geschehen war, so ist klar, daß nun die Thermometer-Röhre über das Ende des Cylinders hervorragte. Jetzt faßte ich das Ende der Thermometer-Röhre und schob die Kugel desselben so genau als möglich in das Centrum des Glas-Balls, bemerkte einen Punkt der Röhre unmittelbar über der obern Verengerung des Cylinders, kehrte nun den Cylinder wieder um, so daß das Thermometer zurückfiel, und seine Kugel wieder auf der untern Verengerung des Cylinders ruhte (wodurch denn die Thermometer-Röhre oben mehr hervorragte). — Jetzt wurde die Röhre an der bemerkten Stelle abgeschnitten, und an das Ende derselben ein kleiner fester Glas-Ball geschmolzen, dessen Diameter ein wenig größer war, als der der obern Verengerung des Cylinders. Dieser kleine Glasknopf, welcher nun auf der obern Verengerung des Cylinders ruhte, diente dazu, das Thermometer so schwebend zu erhalten, daß das

Centrum

Centrum seiner Kugel mit dem des Glas-Balls, in welchem sie eingeschlossen war, coincidirte. Das Ende des gläsernen Cylinders über der obern Verengerung wurde nun erhitzt, und in Gestalt eines abgestumpften hohlen Kegels ausgezogen. Dieser wurde an eine Barometer-Röhre geschmolzen, und dadurch der Zwischenraum des Cylinders und des Glas-Balls, worinn das Thermometer ruhte, durch Hülfe des Queckfilbers vollkommen luftleer gemacht; worauf, nachdem das Ende des Cylinders hermetisch verschlossen war, die Barometer-Röhre mit einer Feile abgetrennt wurde. So hing nun das Thermometer, dessen Kugel, mittelst des obern Glas-Knopfs und der beyden Verengerungen im Cylinder, frey in der Mitte des Glas-Balls schwebte, vollkommen in einer Torricellischen Leere. (S. Taf. 5. Fig. 2).

Ich versahe mich mit zwey solchen Instrumenten, so genau als möglich von denselben Maaßen. Das eine, welches ich No. 1. nennen will, war nach der eben beschriebenen Art luftleer gemacht worden; das andere No. 2. wurde mit atmosphärischer Luft angefüllt, und dann auch hermetisch verschlossen.

Mit diesen beyden Instrumenten stellte ich den 11 July 1785 in Manheim in den Stunden von 10

bis

bis 12 Uhr bey heitern Wetter die folgenden Versuche an. — Das Barometer stand auf 27 Zoll 11 Linien, das Reaumürsche Thermometer auf 15°, und das Feder-Hygrometer der Mannheimer Academie auf 47°.

Versuche No. 3. 4. 5 und 6.

Ich stellte beyde Instrumente in eine Mischung von gestoßenem Eise und Wasser, so lange, bis das Queckſilber im eingeschlossenen Thermometer bis auf 3° gesunken war, oder bis es die Temperatur der kalten Mischung genau hatte. Jetzt nahm ich die beyden Instrumente schnell heraus, tauchte sie sogleich in ein großes Gefäß kochendes Wasser, und beobachtete die Zeiten, die verflossen, um das Queckſilber in dem Thermometer von 10 zu 10 Grad oder von 0° bis auf 80° steigend zu machen. Dabey besorgte ich, daß das Wasser während der ganzen Zeit immer kochend erhalten wurde, ebenso, daß die Instrumente zu einerley Tiefe untergetaucht blieben; nemlich so, daß der Punkt 0° des eingeschlossenen Thermometers gerade auf der Oberfläche des Wassers ruhte.

Diese Versuche wiederholte ich zweymal mit der größten Sorgfalt, und die folgende Tabelle liefert die Resultate davon. —

Thermometer No. 1.	Thermometer No. 2.
Seine Kugel, ½ Zoll im Diameter, eingeschlossen in die Mitte eines hohlen Glasballs, 1½ Zoll im Diameter, der luftleer und hermetisch versiegelt war.	Seine Kugel, ½ Zoll im Diam. eingeschlossen in die Mitte eines hohlen Glasballs, 1½ Zoll im Durchmesser, der mit atmosphärischer Luft gefüllt, und hermetisch versiegelt war.
Herausgenommen aus gefrierendem Wasser, und sogleich in kochendes Wasser getaucht.	Herausgenommen aus gefrierendem Wasser, und sogleich in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.				Erhaltene Wärme	Zeitverlauf.				Erhaltene Wärme
Versuch No. 3.		Versuch No. 4.			Versuch No. 5.		Versuch No. 6.		
M.	S.	M.	S.	0°	M.	S.	M.	S.	0°
0	51	0	51	10	0	30	0	30	10
0	59	0	59	20	0	35	0	37	20
1	1	1	2	30	0	41	0	41	30
1	18	1	22	40	0	49	0	53	40
1	24	1	23	50	1	1	0	59	50
2	0	1	51	60	1	24	1	20	60
3	30	3	6	70	2	45	2	25	70
11	41	10	27	80	9	10	9	38	80
22	44	21		1 = Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 80°.	16	55	17		3 = Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 80°.

Totalzeit von 0° bis 70°
b.d.Vers. N.3. = 11 M. 3 S.
b.d.Vers. N.4. = 10 M. 34 S.
Mittel = 10 = 48½ =

Totalzeit von 0° bis 70°
b.d.Vers. N.5. = 7 M. 45 S
b.d.Vers. N.6. = 7 M. 25 S.
Mittel = 7 M 35 S.

Aus

Aus diesen Versuchen erhellt, daß sich die wärmeleitende Kraft der Luft zu der der Torricellischen Leere unter diesen Umständen wie $7\frac{35}{100}$ zu $10\frac{48\frac{1}{2}}{100}$ im umgekehrten Verhältnisse verhält; denn da die Quantitäten der mitgetheilten Wärme gleich sind, so verhält sich die Intensität der Mittheilung wie die umgekehrten Zeiten.

Bey diesen Versuchen drang die Wärme durch das umgebende Medium in die Thermometer-Kugel; um nun den Versuch umzukehren, so daß jetzt die Wärme von dem Thermometer herausginge, so tauchte ich die Instrumente in kochendes Wasser, und ließ sie so lange darinne, bis sie die Temperatur des Wassers angenommen hatten; d. h. bis das Queckſilber des eingeschlossenen Thermometers auf 80° stand; dann nahm ich sie aus dem kochenden Wasser heraus, tauchte sie sogleich in eine Mischung von Wasser und gestoßenem Eise, bewegte die Instrumente beständig in dieser Mischung herum, und beobachtete folgende Zeiten des Erkaltens.

Thermometer No. 1. Umgeben mit einer Torricellischen Leere. Aus dem kochenden Wasser sogleich in gefrierendes Wasser getaucht.				Thermometer No. 2. Umgeben mit atmosphärischer Luft. Aus dem kochenden Wasser sogleich in gefrierendes Wasser getaucht.			
Zeitverlauf.			Verlust der Wärme	Zeitverlauf.			Verlust der Wärme
Versuch No. 7.		Versuch No. 8.		Versuch No. 9.		Versuch No. 10.	
M.	S.	M.	S.	80°	M.	S.	M.	S.	80°
0	58	0	54	70	0	33	0	33	70
1	2	1	2	60	0	39	0	34	60
1	17	1	18	50	0	44	0	44	50
1	46	1	37	40	0	55	0	55	40
2	5	2	16	30	1	17	1	18	30
3	14	3	10	20	1	57	1	57	20
5	42	5	59	10	3	44	3	40	10
Nicht bemerkt		Nicht bemerkt		0	40	10	Nicht bemerkt		0
Totalzeit bey der Abkühlung von 80° bis auf 10°.				Totalzeit bey der Abkühlung von 80° bis auf 10°.			
		M.	S.			M.	S.
b. d. Vers. No. 7.	=	16	4	b. d. Vers. No. 9.	=	9	49
b. d. Vers. No. 8.	=	16	16	b. d. Vers. No. 10.	=	9	41
Mittel	=	16	10	Mittel	=	9	45

Aus diesen Versuchen sieht man, daß sich die wärmeleitende Kraft der Luft zu der der Torricellischen Leere wie $9\frac{45}{60}$ zu $16\frac{10}{60}$ im umgekehrten Verhältniß, oder wie 1000 zu 603 verhält.

Um nun zu bestimmen, ob dasselbe Gesetz Statt finden würde, wenn man die erhitzten Thermometer, an Statt sie in gefrierendes Wasser zu tauchen, in der freyen Luft abkühlen ließe, so machte ich folgende Versuche. — Nachdem die beyden Thermometer No. 1. und No. 2. wieder im kochenden Wasser erhitzt worden waren, so nahm ich sie aus dem Wasser heraus, hieng sie in die Miitte eines großen Zimmers, wo die Temperatur der Luft (die vollkommen ruhig zu seyn schien indem die Fenster und Thüren alle verschlossen waren) 16° Reaumur betrug, auf, und bemerkte die Zeiten der Abkühlung wie folgt.

Versuch No. 11.

Thermometer No. 1. Umgeben mit einer Torricellischen Leere.

Erhitzt bis 80°, und dann in der freyen Luft aufgehängt von 16° Temperatur.

Zeitverlauf		Wärmeverlust
Min.	Sec.	80°
Nicht	beob.	70
1	24	60
1	44	50
2	28	40
4	16	30
10	12	= Totalzeit um es von 70° bis auf 30° abzukühlen.

Versuch No. 12.

Thermometer No. 2. Umgeben mit atmosphärischer Luft.

Erhitzt bis 80°, und dann in der freyen Luft aufgehängt von 16° Temperatur.

Zeitverlauf		Wärmeverlust
Min.	Sec.	80°
Nicht	beob.	70
0	51	60
1	5	50
1	34	40
2	41	30
6	11	= Totalzeit um es von 70° bis auf 30° abzukühlen.

Hier

Hier erscheint die Verschiedenheit in der wärmeleitenden Kraft der Luft und der Torricellischen Leere beynahe eben so wie in den vorhergehenden Versuchen, nemlich wie $6\frac{1}{100}$ zu $10\frac{2}{100}$ in umgekehrt. Verhältn. oder wie 1000 zu 605. Die Zeit der Abkühlung von 80° bis 70° konnte ich nicht bemerken, da ich zu der Zeit eben mit dem Aufhängen der Instrumente beschäftigt war.

Doch man könnte vielleicht den aus diesen Versuchen gezogenen Schlüssen vorwerfen, daß sich, (aller Mühe ohnerachtet, die bey Verfertigung dieser beyden Instrumente angewendet worden wäre,) doch vielleicht ein Unterschied in ihrer Gestalt oder Größe fände, der eine merkliche Differenz in den Resultaten der Versuche bewirkt habe. — Um diesen Vorwurf zu heben, stellte ich folgende Versuche an:

Des Morgens gegen 11 Uhr bey vorzüglich gutem Wetter, (da das Barometer auf 27 Zoll 11 Lin. Reaumurs Thermometer auf 15°, und das Hygrometer auf 47° stand) wiederholte ich den Versuch No. 3, — indem ich das Thermometer No. 1. wieder im kochenden Wasser erhitzte ꝛc. — öffnete dann sogleich den Cylinder, der das Thermometer umgab, an seinem obern Ende wo es verschlossen gewesen war. Nachdem nun die atmosphärische Luft hineingeströmt war, so verschloß ich den Cylinder wieder

hermetisch, und wiederholte nun den Versuch mit demselben Instrumente, indem das Thermometer jetzt mit atmosphärischer Luft umgeben war, wie das Thermometer No. 2.

Die Resultate der Versuche in der folgenden Tabelle zeigen offenbar, daß der Irrthum, der aus der verschiedenen Größe der Instrumente hätte entstehen können, wenn auch nicht ganz unbemerkbar, doch sehr unbeträchtlich war.

Versuch No. 13.

Thermometer No. 1.

Dessen Kugel, $\frac{1}{2}$ Zoll im Diameter, war in die Mitte eines Glasballs, $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, eingeschlossen, der luftleer und hermetisch versiegelt war.

Herausgenommen aus gefrierendem Wasser, und dann in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.		Angenommene Wärme
Min.	Sec.	0°
0	55	10
0	55	20
1	7	30
1	15	40
1	29	50
2	2	60
3	21	70
13	44	80
24	48	— Totalzeit der Erhitzung von 0° bis zu 80°.
		Totalzeit von 0° bis zu 70° — 11′ 4″.

Versuch No. 14.

Dasselbe Thermometer (No. 1.)

Der Glasball, der die Kugel des Thermometers umschloß, war jetzt mit atmosphärischer Luft angefüllt und hermetisch versiegelt.

Aus gefrierendem Wasser genommen und in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.		Angenommene Wärme.
Min.	Sec.	0°
0	32	10
0	32	20
0	43	30
0	50	40
1	1	50
1	24	60
2	38	70
10	25	80
18	5	— Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 80°.
		Totalzeit von 0° bis zu 70° — 7′ 40″.

Nach diesen Versuchen, verhält sich die wärmeleitende Kraft der gemeinen Atmosphärischen Luft zu der der Torricellischen Leere wie 7 $\frac{a}{o}\frac{e}{o}$ zu 11$\frac{a}{o}\frac{}{o}$ in umgek. Verhältn., oder wie 1000 zu 602; dieses weicht nur sehr wenig von den Resultaten der vorhergehenden Versuche ab.

Ob es nun gleich nach den Resultaten der letztern Versuche schien, daß, gesetzt es hätte sich auch eine Differenz in den Formen oder den Maaßen der Instrumente No. 1. und No. 2. gefunden, sie doch kaum einen beträchtlichen Fehler in den Resultaten der eben erwähnten Versuche könnten bewirkt haben; so wollte ich dennoch versuchen, in wie fern beträchtliche Verschiedenheiten der Größe der Instrumente die Versuche verändern könnten. Zu dem Ende versah ich mich mit noch einem andern Instrumente, welches ich das Thermometer No. 3. nennen will, welches von den vorhergehenden an Größe verschieden war, und auch in der Art der Verfertigung. —

Das Queckfilber-Behälter des Thermometers bestand in einer Kugel von derselben Größe wie bey den Instrumenten No. 1. und No. 2., der Glas-Ball hingegen, in dessen Mitte die Thermometer-

Kugel ruhte, war viel größer, als bey den vorigen Versuchen, und hatte 3 Zoll $7\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser. Die Oeffnung der Thermometer-Röhre war viel feiner, folglich war auch das Thermometer viel länger, und seine Grade größer. — Die Abtheilungen auf der Röhre waren von 10° zu 10° bis 80°, mit seidnen Fäden von verschiedenen Farben bemerkt, so wie bey den oben erwähnten Instrumenten. Die Röhre des Glas-Balls hatte 8 Linien im Diameter, war etwas länger als die Thermometer-Röhre, vollkommen cylindrisch, ohne Einbiegung, indem das Thermometer in der Mitte des Glas-Balls durch eine andere Vorrichtung schwebend erhalten wurde, wie folgt. In die Oeffnung des Cylinders wurde nemlich ein Stöpsel von trocknem Holze gepaßt, der mit festen Firniß überzogen war, und durch dessen Mitte das Ende der Thermometer-Röhre ging: Dieser Stöpsel erhielt oben die Röhre in der Achse des Cylinders. Um sie auch unten darinn zu erhalten, wurde eine feine Stahl-Feder ein wenig unter dem Punkt 0° an die Thermometer-Röhre befestigt. Diese Feder hatte drey herausgebogene elastische Spitzen, die gegen die Wand des Cylinders drückten, und so das Thermometer an seinem Platze erhielten. — Die ganze Länge des Instrumentes von dem Ende des Glas-Balls an

bis

bis zu dem obern Ende ſeines Cylinders, betrug 18 Zoll, und der Gefrier-Punkt des Thermometers fiel 3 Zoll oberhalb ſeiner Kugel; folglich lag dieſer Punkt $1\frac{1}{2}$ Zoll über der Vereinigung des Cylinders mit ſeinem Glas-Ball; wenn nehmlich das Thermometer an ſeiner Stelle ſo ruhte, daß der Mittel-Punkt ſeiner Kugel mit dem des Glas-Balls concidirte. Durch den Stöpſel, welcher das Ende des Glas-Cylinders verſchloß, liefen ferner zwey kleine Glas-Röhrchen 1 Linie im Diameter. Sie ragten 1 Linie über den hölzernen Stöpſel hervor, und wurden durch feine Korke, die in ihre Oeffnungen paßten, verſchloſſen. Dieſe Glas-Röhrchen die in den hölzernen Stöpſel gut eingekittet waren, dienten dazu, Luft, oder irgend eine andere Flüſſigkeit in den Glas-Ball zu leiten, ohne daß man den Stöpſel, der das Ende des Cylinders verſchloß, herauszunehmen brauchte. Damit durch die Verrückung des großen Stöpſels das Inſtrument nicht geändert würde, ſo war auch er an ſeiner Stelle feſt gekittet.

Ich bin abſichtlich bey der Beſchreibung der Inſtrumente ſo umſtändlich geweſen, weil man eine ganz deutliche Idee von ihnen haben muß, um die Verſuche und die daraus gezogenen Reſultate gehörig beurtheilen zu können.

Mit

Mit dem letztbeschriebenen Instrumente (welches ich das Thermometer No. 3 nenne) machte ich folgende Versuche. — Es war den 18 July 1785, Nachmittags, bey veränderlichem Wetter, heftigem Süd-Ost-Winde mit Regen vermischt. Das Barometer stand auf 27 Zoll $10\frac{1}{2}$ Lin., das Thermometer auf 18°, und das Hygrometer änderte sich von 44° bis zur höchsten Feuchtigkeit.

Um die Resultate des Versuchs mit diesem Instrumente, mit den Versuchen mit dem Thermometer No. 2. angestellt, vergleichen zu können, habe ich in der folgenden Tabelle die Versuche zusammengestellt.

Versuch No. 15.

Thermometer N. 3.

Seine Kugel, $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, in die Mitte des Glasballs, 5 Zoll $7\frac{1}{2}$ Lin. im Durchmesser, eingeschlossen, und mit atmosphärischer Luft umgeben.

Aus gefrierendem Wass. herausgenommen, u. sogleich in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.		Angenom. Wärme.
Min.	Sec.	0°
0	33	10
0	38	20
0	54	30
0	51	40
1	7	50
1	28	60
2	28	70
9	0	80
16	59	— Totalzeit der Erhitz. v. 0° bis 80°.

Zeit v. 0° b. 70° — 7′ 59″

Versuche No. 4 und No. 5.

Thermometer No. 2.

Dessen Kugel, $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, war in die Mitte eines Glasballs, $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, eingeschlossen, und mit atmosphärischer Luft umgeben.

Aus gefrierendem Wasser sogleich in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.						Angenom. Wärme.
Versuch No. 4.		Versuch No. 5.		Mittel		
M.	S.	M.	S.	M.	S.	0°
0	30	0	30	0	30	10
0	35	0	37	0	36	20
0	41	0	41	0	41	30
0	49	0	53	0	51	40
1	1	0	59	1	0	50
1	24	1	20	1	22	60
2	45	2	25	2	35	70
9	10	9	38	9	24	80
16	55	17	3	16	59	— Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 80°.

Zeit von 0° bis 70° — 7′ 35″.

Wenn mich die Uebereinstimmung dieser Versuche mit dem Thermometer No. 2. und No. 3. angestellt, überraschte, so war ich nicht weniger verwunder[illegible]über ihre Verschiedenheit mit dem folgenden Versuche.

Ver-

Versuch No. 16.

Ich nahm das Thermometer No. 3. aus dem kochenden Wasser heraus, hieng es sogleich in die Mitte eines großen Zimmers auf, dessen Temperatur 18° ¼ R. betrug, und beobachtete folgende Zeiten der Abkühlung.

Zeitverlauf.		Wärmeverlust.
Min.	Sec.	80°
1	55	70
0	12	60
0	33	50
2	15	40
4	0	30°
9	55	

= Total-Zeit der Abkühlung von 80° bis zu 30°. Zeit d. Abk. von 70° bis 30° = 8′ 0″; bey dem Versuche No. 12. mit dem Thermometer No. 2. hingegen, betrug die Zeit der Abkühlung von 70° bis 30° nur 6′ 11″. Bey diesem Versuche mit dem Thermometer No. 3. war die Zeit der Abkühlung von 60° bis 30° = 7′ 48″; in dem oben erwähnten Versuche mit dem Thermometer No. 2. betrug sie nur 5′ 20″. Es ist wahr, die Luft des Zimmers war bey dem obigen Versuche etwas kälter, als bey dem letztern Versuche mit dem Thermometer No. 3., allein diese Verschiedenheit der Temperatur,

die

die nur $2°\frac{1}{4}$ beträgt (bey dem obigen betrug sie nemlich 16°, bey dem letztern $18°\frac{1}{4}$) kann ohnmöglich die Differenz in den Versuchen hervorgebracht haben.

Nimmt die Luft die Wärme williger auf, als sie sie von sich läßt? — eine Frage, die gewiß einer weitern Untersuchung werth ist, und die ich einer vollkommnen Prüfung bey meinen fernern Nachforschungen unterwerfen will. Doch ich verlasse sie jetzt, und fahre fort, über die schon angestellten Versuche weitere Rechenschaft zu geben. Da ich einsah, daß es zur tiefern Kenntniß über die Natur der Wärme sehr wichtig sey, ihren Durchgang durch die Torricellische Leere mit unbezweifelter Gewißheit zu belegen, und deswegen die Gesetze ihrer Bewegung in diesem Medium so genau als möglich zu bestimmen; da ich ferner besorgt war, daß in Hinsicht der vorhergehenden Versuche doch Fehler, wegen der Berührung der eingeschlossenen Thermometer-Röhre mit dem äußern Glas-Cylinder; wodurch denn (wie man vielleicht argwohnen könnte), wenigstens ein Theil der Wärme dem Thermometer mitgetheilt worden wäre, hätten entstehen können; so machte ich folgenden Versuch, um die Sache über allen Zweifel zu erheben.

In

In die Mitte eines Glaskörpers, von einer Birnähnlichen Form, 8 Zoll lang, und $2\frac{1}{2}$ Zoll im größten Durchmesser, hieng ich ein kleines Queckfilber-Thermometer, $5\frac{1}{2}$ Zoll lang, mittelst eines seidnen Fadens so auf, daß weder die Kugel noch die Röhre des Thermometers den sie umgebenden Glas-Körper an irgend einer Stelle berührte. — Die Grade auf der Thermometer-Röhre waren wie in den obigen Versuchen durch verschieden-farbige feine seidne Fäden bezeichnet. Das Thermometer wurde an seiner Stelle durch eine kleine Stahl-Feder erhalten, welche, — nachdem der seidene Faden, der das Thermometer hielt, daran befestigt war — in eine kleine Höhlung, die $\frac{1}{2}$ Zoll im Diameter an das obere Ende des Glas-Körpers geblasen war, gedrückt wurde; worinn also die Feder ruhte, und wodurch denn folglich auch das Thermometer in der Achse des Glas-Kärpers gehalten wurde. Auf dem Boden des Glas-Körpers war eine Oeffnung, wodurch das Thermometer hineingethan wurde; an diese Oeffnung wurde eine Barometer-Röhre geschmolzen, und hierdurch mit Queckfilber das Innere des Glas-Körpers luftleer gemacht. Da diese Oeffnung hernach wieder hermetisch verschlossen, und die Barometer-Röhre weggenommen wurde, so blieb das Thermometer schwebend in einer Torricellischen Leere.

Bey diesem Instrumente — wo das eingeschlossene Thermometer, den ihn umschließenden Glas-Körper nicht nur nicht berührte, sondern allenthalben sogar über einen Zoll davon abstand — ist es klar, daß alle an das Thermometer getretene, oder von demselben ausfließende Wärme durch die Torricellische Leere gestrichen seyn muß; denn es läßt sich nicht vermuthen, daß der feine seidne Faden, an welchen das Thermometer aufgehängt war, auch nur einen bemerkbaren Theil der Wärme fortgeführt habe. Deswegen machte ich mir Hoffnung, mit Hülfe dieses Instrumentes den Durchgang der Wärme durch die Torricellische Leere genau bestimmen zu können: und dieses ist mir, wie ich glaube, geglückt, eines unglücklichen Zufalls ohngeachtet, der mich außer Stand setzte, meine Versuche, so weit, als ich mir vorgenommen hatte, zu verfolgen.

Nachdem ich dieses Instrument auf einen kleinen hölzernen Fuß so befestigt hatte, daß der Glas-Körper in einer perpendiculären Lage ruhte, so stellte ich es in meinem Zimmer neben ein anderes eingeschlossenes Thermometer (No. 2.) das mit atmosphärischer Luft umgeben war, und beobachtete die Wirkungen die die Veränderung der Wärme der Luft hervorbringen würde. Ich bemerkte bald an

der

der Bewegung des Queckſilbers im eingeſchloſſenen Thermometer, daß die Wärme durch die Torricelliſche Leere ſtrich; allein aus der großen Unempfindlichkeit des Thermometers erhellte, daß der Durchgang der Wärme in dieſem Medium viel ſchwerer ſey, als in der atmoſphäriſchen Luft. Jetzt tauchte ich nun beyde Thermometer in ein Gefäß mit kaltem Waſſer, und bemerkte, daß das Queckſilber des mit Luft umgebenen Thermometers viel ſchneller als das Queckſilber des mit der Torricelliſchen Leere umgebenen Thermometers ſtieg. Nun nahm ich die beyden Inſtrumente aus dem kalten Waſſer heraus, und tauchte ſie in ein Gefäß mit heißem Waſſer (da ich den Verſuch in gehöriger Form mit gefrierendem und kochendem Waſſer wegen Mangel an Vorrichtung nicht wiederholen konnte): Hier erſchien das mit der Torricelliſchen Leere umgebene Thermometer noch langſamer und träger, als das andere mit atmoſphäriſcher Luft umgebene.

Dieſe Verſuche hätten gerade hinreichen können mich zu überzeugen, daß die Wärme durch die Torricelliſche Leere weit ſchwerer, als durch die atmoſphäriſche Luft ſtrömte; allein, hiermit noch nicht zufrieden, ergriff ich die erſte Gelegenheit, die ſich mir anbot, und bereitete mich vor, die Verſuche, die

ich

ich vorher mit den Instrumenten No. 1. und No. 2. angestellt hatte, zu wiederholen. Ich tauchte nemlich das Instrument in eine Mischung von gestoßenem Eise und Wasser, worinne ich es so lange ließ, bis das Queckſilber des eingeschlossenen Thermometers bis auf o° gefallen war; dann nahm ich es aus der kalten Mischung heraus, tauchte es schnell in ein Gefäß mit kochendem Wasser, und schickte mich an, das Steigen des Queckſilbers im eingeschlossenen Thermometer, wie bey dem vorigen Versuche zu beobachten; allein unglücklicherweise sprang der Glas-Körper, wie er das heiße Wasser berührte, an der Stelle, wo er hermetisch versiegelt war, und das hinzuströmende Wasser verdarb den ganzen Versuch: seit der Zeit habe ich keine Gelegenheit wieder gehabt, mich mit einem gleichen Instrumente zu versehen, um den Versuch zu wiederholen.

Da es von Anfang meine Absicht war, zugleich auch die wärmeleitende Kraft der künstlichen Luft-Arten zu untersuchen, so bereitete ich das Thermometer No. 3. zu solchen Versuchen vor.

Nachdem ich mir eine hinlängliche Menge dieser Luftarten verschafft hatte, so machte ich den ersten Versuch mit der fixen Luft, womit ich, mit-

telst

telst des Wassers, den Glas-Ball und den Cylinder, der das Thermometer umgab, anfüllte; dann verstopfte ich die beyden Oeffnungen des Stöpsels der den Cylinder verschloß, und stellte das Instrument so lange in gefrierendes Wasser, bis das Queckfilber des eingeschlossenen Thermometers auf 0° stand; dann nahm ich es heraus, tauchte es in ein großes Gefäß mit kochendem Wasser, und schickte mich an, die Zeiten der Erhitzung, wie bey den vorhergehenden Versuchen zu beobachten; allein ein Zufall hemmte plözlich den Versuch. So wie ich das Instrument in das kochende Wasser tauchte, so stieg auf einmal das Queckfilber in dem Thermometer so ungewöhnlich schnell, daß es die ersten 10° schon durchlaufen hatte, ehe ich nur seine Bewegung bemerkte. Da ich die Zeit des Steigens des Queckfilbers bey den ersten 10° versäumt hatte, so wollte ich nun die Zeit bemerken, wenn es an die andere Abtheilung kommen würde; allein auf einmal wurde der Stöpsel der das Ende des Cylinders verschloß, mit einer gewaltigen Explosion gegen das Kamin geworfen; das Thermometer, das in den Stöpsel gekittet war, wurde natürlicherweise auch mit herausgeschleudert, und brach durch den Fall in viele Stücken. —

Ob nun gleich dieser unglückliche Versuch die vorgehabten Untersuchungen auf einige Zeit unterbrach, so bahnte er doch den Weg zu andern, nicht weniger interessanten Forschungen. Ich vermuthete nemlich, daß die Explosion durch die Verdünnung des Wassers, welches an der innern Fläche des Glas-Balls und des Cylinders nach der Füllung desselben mit fixer Luft hängen geblieben war, entstanden sey; da ich es ferner für mehr als wahrscheinlich hielt, daß die ungewöhnliche Schnelligkeit, womit das Queckſilber in dem Thermometer stieg, vorzüglich davon herrühre, so führte mich das auf den Gedanken, die leitende Kraft der feuchten Luft, oder einer Luft hinlänglich mit Wasser gesättigt, zu untersuchen,

Zu diesem Versuch versah ich mich mit einem neuen Thermometer No. 4., dessen Kugel eben die Form und Größe ($\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser) wie die vorhergehenden hatte. Ferner wurde ein Glas-Cylinder vorgerichtet, 8 Linien im Durchmesser, und gegen 14 Zoll lang, an dessen einem Ende sich wieder ein Glas-Ball von $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser befand. Hierein wurde das Thermometer mittelst des Stöpsels, der das Ende des Cylinders verschloß, so geschoben, daß die Thermometer-Kugel wieder in der Mitte des Glas-Balls ruhte. —

Mittelst

Mittelst des eben erwähnten Stöpfels durch dessen Mitte die Thermometer-Röhre lief, wurde das Thermometer ohne irgend eine andere Vorrichtung in dem Cylinder wieder schwebend erhalten. Durch diesen Stöpfel waren noch zwey andere kleine Löcher gebohrt und mit feinen Glas-Röhrchen ausgefüllt, wie bey dem Thermometer No. 3., wodurch eine Communication mit dem Cylinder unterhalten wurde, doch so, daß diese Röhrchen mittelst feiner Korke verstopft werden konnten. Um aber fernere Explosionen, wie oben geschah, zu verhüten, so wurden diese feinen Korke nur leicht in die Röhrchen gestopft, damit sie bey einem beträchtlichen Druck der eingeschlossenen Luft, oder Dunstes könnten herausgeworfen werden.

Obschon bey dieser Vorrichtung das Thermometer nicht so stäte an seiner Stelle ruhte, wie bey den Thermometern No. 2., und No. 3., indem die Elasticität der Röhre, und das Gewicht des Queckfilbers in der Thermometer-Kugel, eine geringe Vibration des Thermometers bey der plözlichen Bewegung des Queckfilbers verursachte; so zog ich doch diese Verfertigungs-Art den andern vor, weil hier der untere Theil des Thermometers vollkommen schwebend erhalten wurde, ohne an irgend

einer

einer Stelle weder den Cylinder, noch den daran befindlichen Glas-Ball zu berühren: denn obgleich die Wärme-Menge, die durch den Cylinder an seinen Einbiegungen (wie bey den Instrumenten No. 1. und No. 2.) oder durch die Stahlfeder (bey No. 3.) der Thermometer-Röhre, und von da der Kugel desselben mitgetheilt wurden, sehr klein gewesen seyn müssen; so wollte ich doch auch jede nur mögliche Ursache des Irrthums zu vermeiden suchen.

Vermehrt Feuchtigkeit die wärmeleitende Kraft der Luft?

Um diese Frage zu bestimmen unternahm ich folgende Versuche, bey vollkommen heitern und guten Wetter. Das Queckſilber des Thermometers stand auf 27 Zoll 8 Linien, das Thermometer auf 19° und das Hygrometer auf 44°.

Versuch No. 17.

Thermometer No. 4.

Umgeben mit atmosphärischer Luft, trocken bis zum 44° des Feder-Hygrometers der Mannheimer Akademie.

Aus gefrierendem Wasser sogleich in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf		Angenommene Wärme
Min.	Sec	0°
0	34	10
0	39	20
0	44	30
0	51	40
1	6	50
1	35	60
2	40	70
Nicht	beob.	80

8 | 9 = Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.

Versuch No. 18.

Dasselbe Thermometer (No. 4.)

Umgeben mit atmosphärischer Luft, die so feucht als möglich durch Benetzen der innern Fläche des Cylinders und des Glasballs mit Wasser war gemacht worden.

Aus gefrierendem Wasser sogleich in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf		Angenommene Wärme
Min.	Sec.	0°
0	6	10
0	4	20
0	5	30
0	9	40
0	18	50
0	26	60
0	43	70
7	45	80

1 | 51 = Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.

Aus diesen Versuchen sieht man, daß die wärmeleitende Kraft der Luft durch Feuchtigkeit sehr vermehrt wird. Um nun zu sehen, ob das Resultat dasselbe bleiben würde, wenn man den Versuch umkehrte, so nahm ich jetzt das Thermometer mit

der

der feuchten Luft aus dem kochenden Wasser heraus, und tauchte es in gefrierendes Wasser, und beobachtete, indem ich es in dem eiskalten Wasser beständig hin und her schwang, die Zeiten der Abkühlung, so wie sie in der folgenden Tabelle notirt sind.

N. B. Um das Resultat dieses Versuches mit jenen mit trockner Luft angestellten zu vergleichen, so habe ich in der nachfolgenden Tabelle auf der einen Seite den oben erwähnten Versuch notirt, auf der andern Seite denVersuch No. 19. mit dem Thermometer No. 4. angestellt.

Versuch No. 19. Thermometer No. 4. Umgeben mit feuchter Luft. Aus dem kochenden Wasser genommen, und in gefrierendes Wasser getaucht.			Versuch No. 10. Thermometer No. 2. Umgeben mit trockner Luft. Aus dem kochenden Wasser genommen, und in gefrierendes Wasser getaucht.		
Zeitverlauf		Wärmeverlust.	Zeitverlauf		Wärmeverlust.
Min.	Sec.	80°	Min.	Sec.	80°
0	4	70	0	33	70
0	14	60	0	34	60
0	31	50	0	44	50
0	52	40	0	55	40
1	22	30	1	18	30
2	3	20	1	57	20
4	2	10	3	40	10
9	8	= Totalzeit der Erkaltung von 80° bis 10°.	9	41	= Totalzeit der Erkaltung von 80° bis 10°.

Obgleich die Verschiedenheit der Zeiten der Abkühlung von 80° bis 10° in diesen beyden Versuchen sehr gering zu seyn scheint, so ist doch der Unterschied der Zeiten bey den ersten 20 oder 30° vom Siede-Punkt an gerechnet allerdings merkwürdig, und zeigt, um wie viel leichter die Wärme sich in feuchter Luft als in der trocknen fortpflanzt. Selbst die Langsamkeit, womit das Queckfilber des Thermometers No. 4. in diesem Versuch von dem 30 bis zu dem 20, und von dem 20 bis zu den 10ten Grade fiel, schreibe ich einigermaßen der großen leitenden Kraft der feuchten Luft zu, womit das Thermometer umgeben war; denn da der Glas-Cylinder, der das Thermometer und die feuchte Luft einschloß, nicht ganz in dem gefrierenden Wasser untergetaucht war, so wurde natürlich der nicht untergetauchte Theil von der atmosphärischen Luft umgeben, die, da sie viel wärmer als das Wasser war, ihre Wärme dem Glase mittheilte. Diese Wärme pflanzte sich in der im Cylinder enthaltenen feuchten Luft, so wie diese kälter als die äußere Luft wurde, fort, wurde durch jenes Medium auch an die Kugel des Thermometers gebracht, und verhinderte nun, daß sich diese nicht so schnell abkühlte, als es sonst geschehen seyn würde.

Allein

Allein sobald das Wetter kalt wird, so habe ich mir vorgenommen, diesen Versuch mit mehrern Abänderungen zu wiederholen, wodurch ich denn die Sache außer allen Zweifel zu setzen hoffe.

Ich kann nicht umhin, hier auf die unendliche Weisheit aufmerksam zu machen, womit uns die Natur gegen die üblen Wirkungen einer zu großen Hitze oder Wärme der Atmosphäre geschützt hat; denn gesetzt es wäre möglich, daß die Luft in den strengen Winter-Monaten eben so dunstig wäre, als wie es manchmal im Sommer der Fall ist, so würde ihre leitende Kraft, die sie auf unsern Körper äußert, durch diesen Zusatz von Feuchtigkeit so vermehrt werden, daß wir es kaum aushalten würden; allein glücklicherweise für uns, ist dann ihre Kraft, Wasser aufgelößt in sich zu enthalten, sehr geschwächt, und damit zugleich auch die Kraft, uns unsere animalische Wärme zu rauben. Jedermann weiß aus Erfahrung wie unangenehm auch ein nur sehr geringer Kälte-Grad bey feuchter Luft ist; und hieraus erhellt, warum das Thermometer nicht immer ein richtiges Maaß für die freye oder empfindbare Wärme der Atmosphäre ist. Wenn ferner Erkältungen und Catarrhe durch die Beraubung der animalischen Wärme unserer Körper entstehen, so

sieht

sieht man hieraus den Grund, warum diese Stockungen vorzüglich während der kalten Regen-Zeit im Herbst, und bey dem Thau-Wetter im Frühjahr herrschen. Eben so folgt hieraus, warum das Schlafen in feuchten Betten, und das Wohnen in feuchten Häusern so gefährlich ist; warum die Abendluft im Sommer und Herbst so schädlich ist, da dieses doch in kalten Wintern der Fall nicht ist. — Mehrere sehr geschickte Physiker haben sich schon in eine Menge von Schwierigkeiten verwickelt, um die erstaunliche Wärme-Menge, — die nach ihrer Meinung der thierische Körper, der Winter Kälte ausgesetzt, verliert; — mit der Menge von Wärme zu vergleichen, die derselbe Körper in einem warmen Sommer der ihn umgebenden Luft mittheilt; allein man kann beynahe mit Gewißheit behaupten, daß der Unterschied der Menge der mitgetheilten Wärme, sehr viel geringer ist, als sie sich einbildeten! Diese Untersuchungen verdienen allerdings alle Aufmerksamkeit, und sie sind durch zweckmäßige und gutangestellte Versuche noch zu erforschen. Doch ich verlasse jetzt diesen merkwürdigen Gegenstand, und kehre zu meinen Versuchen wieder zurück.

Da ich die wärmeleitende Kraft der atmosphärischen Luft und der Torricellischen Leere so verschie-

den

den fand, so kam ich ferner auf den Gedanken, die wärmeleitende Kraft der atmosphärischen Luft von verschiedenen Graden der Dichtigkeit zu untersuchen. — Zu diesem Versuche richtete ich das Thermometer No. 4. ein, indem ich eins von den beyden kleinen Röhrchen, die sich in dem großen Korkstöpsel befanden, öffnete, wodurch ich denn einen Zugang zu dem großen Cylinder hatte, das andere Röhrchen aber versah ich an der Oeffnung mit einer Klappe. Das ganze Instrument wurde mit dieser Vorrichtung unter den Recipienten einer Luftpumpe gestellt; die Luft strömte bey dem Pumpen aus dem Glas-Ball und dem Cylinder heraus, aber die oben beschriebene Klappe verhinderte, daß sie nicht wieder zurückströmte, sobald Luft in den Recipienten gelassen wurde. — Das Barometer der Luft-Pumpe zeigte den Grad der Verdünnung der Luft unter dem Recipienten, und folglich zugleich auch der Luft, die sich im Cylinder befand, und das Thermometer unmittelbar umgab.

Mit diesem Instrumente, stellte ich bey heitern guten Wetter, wo der Barometer-Stand 27 Z. 9 L. betrug, das Thermometer 15°, und das Hygrometer 47° zeigte, folgende Versuche an.

Versuch

Versuch No. 20.			Versuch No. 21.			Versuch No. 22.		
Thermometer No. 4. Umgebē mit atmosphärischer Luft. Barometerstand 27 Zoll 9 Linien. Aus gefrierendem Wasser genoñen, und in kochendes Wasser getaucht.			Thermometer No. 4. Umgeben mit verdünnter Luft. Barometerstand 6 Z. 11½ Linien. Aus gefrierendem Wasser genoñen, und in kochendes Wasser getaucht.			Thermometer No. 4. Umgeben mit verdünnter Luft. Barometerstand 1 Z. 2 Linien. Aus gefrierendem Wasser genoñen, und in kochendes Wasser getaucht.		
Zeitverlauf		Angenoñene Wärme	Zeitverlauf		Angenoñene Wärme	Zeitverlauf		Angenoñene Wärme
Min	Sec.	0°	Min	Sec.	0°	Min	Sec.	0°
0	31	10	0	31	10	0	29	10
0	40	20	0	38	20	0	36	20
0	41	30	0	44	30	0	49	30
0	47	40	0	51	40	1	1	40
1	4	50	1	7	50	1	1	50
1	25	60	1	19	60	1	24	60
2	28	70	2	27	70	2	31	70
10	17	80	10	21	80	nicht	beob	80
7	36	= Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.	7	37	= Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.	7	51	= Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.

Das Resultat dieser Versuche, gestehe ich, überraschte mich nicht wenig; doch da die Forschung nach Wahrheit der einzige Zweck meiner Untersuchungen ist, (da ich keine angenommene Lieblings-Theorie zu vertheidigen habe) so wird doch dadurch, daß die Sachen oft in einer ganz unerwarteten Gestalt erscheinen, der Zweck keineswegs vereitelt. —

Durch

Durch künftige Versuche hoffe ich die Ursache auszumitteln, warum hier, wo die Dichtigkeiten der Luft so verschieden waren, die Differenz ihrer wärmeleitenden Kraft so gering war, anstatt daß, wie wir oben sehen, die wärmeleitenden Kräfte der atmosphärischen Luft und der Torricellichen Leere so sehr verschieden waren. Ich wage jetzt keine Muthmaßungen über diesen Gegenstand; nur so viel will ich anführen, daß man sich auf die Richtigkeit meiner angestellten Versuche ganz gewiß verlassen kann. —

Da die Zeit meines Aufenthalts in Mannheim verflossen war (ich hatte nemlich das Glück gehabt, Se. Churfürstl. Durchlaucht den Churfürsten von Pfalz Bayern bey seiner letzten Reise dahin zu begleiten) so konnte ich für jetzt meine Untersuchungen nicht weiter verfolgen; doch sobald ich nur irgend Muße bekomme, will ich sie wieder fortsetzen; welches, wie ich hoffe, zu Anfang des Novembers seyn wird.

Um die Versuche aber so vollkommen als möglich zu verfolgen, so werde ich in der Zwischen-Zeit weder Zeit noch Kosten sparen, um mir zu diesem Behuf einen vollkommnen Apparat zu verschaffen; auch hat Se. Churfürstl. Durchlaucht die Gnade gehabt, Herrn Artaria nach München zu beordern,

um

um mir in meinen Versuchen beyzustehen. Unter einem Beschützer, wie Se. Churfürstl. Durchlaucht, und einem Gehülfen wie Artaria, werde ich mit Freuden meine Forschungen fortsetzen. Möchten doch diese dem Publikum eben so nützlich seyn, als sie mir angenehm waren!

Ich schließe dieses Capitel mit einer kurzen Uebersicht einiger Versuche, die ich anstellte, um die wärmeleitende Kraft des Wassers und des Queckfilbers zu bestimmen; zugleich füge ich noch eine Tabelle bey, die mit einem Blick die wärmeleitenden Kräfte aller der verschiedenen Medien, die ich bis jetzt untersuchte, liefert.

Ich füllte den Glas-Ball, der die Kugel des Thermometers No. 4. einschloß, erst mit Wasser, dann mit Queckfilber, und stellte nun die folgenden Versuche an, um die wärmeleitende Kraft dieser beyden Flüssigkeiten zu bestimmen.

Ver-

Versuch No. 23.
Thermometer No. 4.
Umg. m. Wasser.
Aus gefrierendem Wasser herausgenommen und in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.		Angenommene Wärme.
M.	S.	0°
0	19	10
0	8	20
0	9	30
0	11	40
0	15	50
0	21	60
0	34	70
2	13	80
1	57 = Totalz.	

d. Erh. v. 0° b. 70°.

Versuch No. 24, 25 und 26.
Thermometer No. 4.
Umgeben mit Quecksilber.
Aus gefrierendem Wasser herausgenommen, und in kochendes Wasser getaucht.

Zeitverlauf.						Angenommene Wärme.
Versuch No. 24.		Versuch No. 25.		Versuch No. 26.		
M.	S.	M.	S.	M.	S.	0°
0	5	0	5	0	5	10
0	4	0	2	0	5	20
0	2	0	2	0	4	30
0	4	0	5	0	5	40
0	4	0	4	0	7	50
0	7	0	4	0	8	60
0	15	0	9	0	14	70
nicht beob.		0	58	nicht beob.		80
0	41	0	31	0	48 = Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.	

Da die Total-Zeit der Erhitzung von 0° bis 70° bey den drey Versuchen mit Queckſilber 41 Sec. 31 Sec. und 48 Secunden waren, ſo beträgt das Mittel davon $36\frac{2}{3}$ Secunden; da aber bey dem Verſuche mit Waſſer zu demſelben Wärme-Grade eine Zeit von 1′ 57″ = 117 Secunden nöthig war, ſo folgt aus dieſen Verſuchen, daß ſich unter den angegebenen Umſtänden die wärmeleitende Kraft des

Queck-

Queckſilbers zu der des Waſſer wie $36\frac{2}{3}$ zu 117 in umgekehrtem Verhältniß, oder wie 1000 zu 313 verhält. Hieraus erklärt ſich, warum das Queckſilber, wenn es gleich dieſelbe Temperatur als das Waſſer hat, doch dem Gefühl nach entweder viel wärmer oder viel kälter als letzteres zu ſeyn ſcheint; denn der Eindruck der Kälte oder Wärme, den ein Körper bey uns erregt, hängt nicht bloß von der Temperatur oder dem Wärme-Grade, den der Körper wirklich beſitzt, ab, ſondern vorzüglich von der Quantität der Wärme, die der Körper in einem kleinen Zeitraum uns mitzutheilen, oder von uns anzunehmen im Stande iſt; und dieſes bewirkt größtentheils die wärmeleitende Kraft der eben erwähnten Körper.

Die Empfindung der Wärme, beym Berühren eines Körpers, iſt nichts anders, als ein Strömen der Wärme von daher in unſern Körper, das Gefühl der Kälte aber ein Ausſtrömen der Wärme aus unſerm Körper; dasjenige, was nun dieſen Wechſel erleichtert oder beſchleunigt, vermehrt folglich auch die Heftigkeit des Eindrucks. Dieſes iſt ein zweyter Beweis, daß das Thermometer kein richtiges Maas der Intenſität der Wärme oder Kälte in einem Körper iſt: oder vielmehr, daß wir nach der Berührung

keinen

keinen richtigen Schluß auf die wirkliche Temperatur der Körper machen können.

Tabelle über die wärmeleitenden Kräfte aller der Substanzen die durch die vorhergehenden Versuche bestimmt wurden.

Thermometer No. 1.		No. 4.												
Herausgenommen aus gefrierendem Wasser, und in kochendes Wasser getaucht.														
Zeitverlauf.														
Torricellische Leere. Versuch No. 3. 4. und 13.		Atmosphärische Luft. Dichtheit = 1. Versuch No. 20.		Verdünnte Luft. Dichtheit = $\frac{1}{4}$. Versuch No. 21.		Verdünnte Luft. Dichtheit = $\frac{1}{24}$. Versuch No. 22.		Feuchte Luft. Versuch No. 18.		Wasser. Versuch No. 23.		Quecksilber. Versuch No. 24. 25. und 26.		Angenommene Wärme.
M.	S.	M.	S	M.	S	M.	S.	M	S.	M.	S.	M	S.	°
0	52	0	31	0	31	0	29	0	6	0	19	0	5	10
0	58	0	40	0	38	0	36	0	4	0	8	0	$3\frac{2}{3}$	20
1	3	0	41	0	44	0	49	0	5	0	9	0	$2\frac{2}{3}$	30
1	18	0	47	0	51	1	1	0	9	0	11	0	4	40
1	25	1	4	1	7	1	1	0	18	0	15	0	5	50
1	58	1	25	1	19	1	24	0	26	0	21	0	$6\frac{1}{3}$	60
3	19	2	28	2	27	2	31	0	43	0	34	0	$12\frac{2}{3}$	70
11	57	10	17	10	21	—	—	7	45	2	13	0	58	80
10	53	7	36 =	7	37	7	51	1	51	1	57	0	$36\frac{2}{3}$ =	
Totalzeit der Erhitzung von 0° bis 70°.														

Bey der Bestimmung und Vergleichung der wärmeleitenden Kräfte dieser Substanzen, habe ich bloß die Zeiten der Erwärmung des Thermometers von 0° bis 70°, gerechnet, weil das Queckſilber von dem 70° bis zum 80° sehr langsam steigt, und es daher sehr schwierig ist, den Augenblick, wo es den 80° erreicht, genau zu bestimmen.

Nehmen wir nun die wärmeleitende Kraft des Queckſilbers = 1000 an, so verhalten sich hierzu die wärmeleitenden Kräfte der übrigen Substanzen, nach den Resultaten der eben erwähnten Versuche, wie folgt:

Queckſilber.		1000
Feuchte Luft.		330
Wasser.		313
Atmosphärische Luft, Dichtigk. =	1	$80\frac{45}{100}$
Verdünnte Luft, Dichtigk. =	$\frac{1}{4}$.	$80\frac{23}{100}$,
Verdünnte Luft, Dichtigk. =	$\frac{1}{24}$.	78.
Torricellische Leere		55.

Nach diesen Verhältnissen richten sich auch die Quantitäten der Wärme, die diese verschiedenen Substanzen in einer bestimmten Zeit abzusetzen im Stande sind; folglich drücken obige Zahlen sowohl die relativen empfindbaren Temperaturen dieser Substanzen, als auch ihre wärmeleitende Kraft aus.

In wie fern diese Schlüsse auch unter veränderten

Um-

Umständen fest bestehen, kann nur durch Versuche ausgemittelt werden. Ohnstreitig ist dieses ein Gegenstand der Untersuchung, der nicht bloß an sich selbst betrachtet, alle Aufmerksamkeit verdient, sondern auch für das allgemeine Wohl sehr nützlich werden kann; und ich wünsche recht sehr, daß durch meinen Anfang die Physiker veranlaßt werden möchten, ihre Forschungen auf dieses so lange vernachläßigte Feld physikalischer Forschungen zu wenden. Was mich betrift, so bin ich fest entschlossen, sie nicht liegen zu lassen.

Bey dem fernern Verfolg dieser Forschungen werde ich mich nicht bloß auf die Bestimmung der wärmeleitenden Kräfte der Flüssigkeiten beschränken; im Gegentheil sollen feste Substanzen, vorzüglich aber diejenigen, die man gewöhnlich zur Bekleidung wählt, den Haupt-Gegenstand meiner Forschungen ausmachen. Ich habe diese Untersuchungen bereits angefangen: doch will ich ihren Zusammenhang nicht unterbrechen, und verspare sie daher zu einer eignen Abhandlung *).

*) Bis hierher wurde dieser Aufsatz von dem Verfasser in der K. Akademie der Wissenschaften zu London d. 9. März 1786. die Fortsetzung im folgenden 2 Capitel erst d. 19. Januar 1792 vorgelesen.

D. Uebersetzer.

II. Capitel.

Die Wärme verschiedener Substanzen, deren man sich zu künstlichen Bekleidungen bedient, verglichen, und durch Versuche bestimmt. — Relative Wärme von Bedeckungen, die einerley Dicke und Substanz, aber verschiedene Dichte haben. — Relative Wärme von Bedeckungen, aus gleichen Mengen derselben Substanz bestehend, aber auf verschiedene Art angewendet. — Versuche, um zu bestimmen, in wie fern die Kraft mancher Körper, die Wärme zurückzuhalten von ihren chemischen Eigenschaften abhängt. — Versuche mit Holzkohlen — mit Lampenruß, — mit Holzasche — Merkwürdige Versuche mit semen Lycopodii. — Aus allen diesen Versuchen folgt, daß die Luft, die die Zwischenräume derjenigen Substanzen — deren man sich zu Bedeckungen, um die Wärme zurückzuhalten, bedient — anfüllt, eine sehr wichtige Rolle bey diesem Proceße spielt. — Diese Substanzen scheinen zu verhindern, daß die Luft die Wärme nicht fortleitet. — Forschungen über die Art, wie dieses bewirkt wird. — Diese Forschungen führen auf einen entscheidenden Versuch, aus dessen Resultat erhellt, daß die Luft ein vollkommner Nichtleiter der Wärme ist. — Aus dieser Entdeckung lassen sich eine Menge merkwürdige Erscheinungen in der Oeconomie der Natur erklären.

(Vorgelesen in der Königl. Societät. d. 19. Januar 1792).

Die

Die Leitung und Zusammenhaltung der Wärme sind Gegenstände von der größten Wichtigkeit für die Oeconomie des menschlichen Lebens, so daß ich deswegen meine jetzigen Untersuchungen hauptsächlich auf diesen Punkt concentriren werde, da ich einsehe, daß sich aus der Entdeckung neuer Thatsachen in diesem Felde des Wissens, gewiß sehr große Vortheile für das allgemeine Beste ableiten lassen.

Wären die Gesetze der Mittheilung der Wärme aus einem Körper in den andern gefunden, so ließen sich darnach für alle Fälle Maaßregeln treffen, die Wärme in ihren Wirkungen zusammenzuhalten, und diese zu leiten, wodurch sich nicht bloß große Ersparniß für die Feurung und Bekleidung ergäben, sondern wodurch zugleich auch die Gemächlichkeit und Bequemlichkeit des bürgerlichen Lebens sehr erhöht werden würde; Rücksichten, die der praktische Physiker nie aus der Acht lassen sollte.

Der Weg, den ich bey diesen Untersuchungen eingeschlagen habe, ist der, den ich für den zweckmäßigsten hielt, um mich auf nützliche Entdeckungen zu führen. Ohne mich an irgend eine bestimmte Theorie zu binden, bildete ich mir selbst einen Plan einer experimentalen Untersuchung, von

dem ich überzeugt war, daß er mich auf die Kenntniß gewisser Thatsachen leiten würde, über die wir bis jetzt entweder noch gar nicht, oder doch nur sehr unvollkommen unterrichtet sind, und wovon die Nothwendigkeit, mit ihnen bekannt zu werden, doch am Tage liegt.

Der erste wichtige Gegenstand, den ich bey diesen Untersuchungen im Auge hatte, war, die Ursache der Wärme gewisser Körper fest zu bestimmen, oder die Umstände von welchen ihre Kraft abhängt, die Wärme an sich zu halten. Dieses heißt mit andern Worten nichts anders, als die Ursache der leitenden oder nichtleitenden Kraft der Körper, in Hinsicht auf die Wärme, zu bestimmen.

Zu diesem Zweck untersuchte ich zuerst durch Versuche die relativen leitenden Kräfte verschiedener Körper von verschiedenen Naturen, sowohl flüssige als feste. Die Versuche über einige derselben habe ich in der vorhergehenden Abhandlung geliefert, die sich auch in den Verhandlungen der Königl. Societät für das Jahr 1786 befindet; jetzt will ich den Faden wieder anknüpfen, und in der Geschichte meiner Untersuchungen fortfahren.

Da ich entdeckt hatte, daß die Torricellische Leere ein weit schlechterer Leiter der Wärme als die

atmosphärische Luft ist; da ich ferner die relativen wärmeleitenden Kräfte der Luft, des Wassers und des Queckſilbers unter verschiedenen Lagen bestimmt hatte, so ging ich jetzt zur Untersuchung der wärmeleitenden Kraft fester Körper fort: vorzüglich aber der Substanzen, deren man sich gewöhnlich zur Bekleidung bedient.

Die Art, wie ich diese Versuche anstellte, war folgende: Ein Queckſilber Thermometer (s. Taf. 5. Fig. 4) dessen Kugel gegen $\frac{55}{100}$ eines Zolls im Diameter hatte, und dessen Länge 10 Zoll betrug, wurde in der Achse einer cylindrischen Glas-Röhre, die $\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter hielt, und sich in einen Glas-Ball $1\frac{6}{10}$ Zoll im Diameter endigte, so gehängt, daß das Centrum der Thermometer-Kugel mit dem Centro des Glas-Balls coincidirte; hierauf wurde der Raum zwischen der innern Fläche des Glas-Balls und der Thermometer-Kugel mit der Substanz, deren wärmeleitende Kraft man bestimmen wollte, angefüllt, das Instrument in kochendem Wasser erhitzt, dann in eine gefrierende Mischung von Eis und Wasser getaucht, wobey denn die Zeiten der Abkühlung beobachtet und angemerkt wurden.

Die Röhre des Thermometers war nach Reaumur von 10° zu 10° graduirt, und die Grade mit

einem Diamant auf dem Glase angemerkt. Die umgebende cylindrische Glas-Röhre blieb leer, so daß man den Stand des Queckſilbers in der Thermometer-Röhre sehr gut beobachten konnte.

Das Thermometer wurde an seiner Stelle durch einen Korkstöpsel, $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, erhalten, der genau in die Mündung der Cylindrischen Röhre paßte, und in dessen Mitte das Ende der Thermometer-Röhre gekittet war.

Die Substanzen, deren leitende Kraft beobachtet werden sollte, wurden auf folgende Art in den Glas-Ball gebracht: das Thermometer wurde aus der cylindrischen Röhre herausgenommen, und der Glas-Ball $\frac{2}{3}$ hoch mit der zu untersuchenden Substanz angefüllt, worauf denn die Thermometer-Kugel einige Zoll weit in die cylindrische Röhre gethan, und der Rest der Substanz um die Thermometer-Röhre herumgelegt wurde. Dann wurde das Thermometer weiter in die Röhre hinein bis an seinen gehörigen Platz geschoben. Der Rest der zu prüfenden Substanz, der über der Thermometer-Kugel in der Röhre hieng, wurde mittelst eines Messing-Drathes der durch ein Loch, — das zu diesem Entzweck in dem Korkstöpsel gemacht war, — lief, in den

Glas-

Glas-Ball hinunter geschoben, und gleichförmig um die Thermometer-Kugel herum vertheilt.

Da dieses Instrument blos dazu bestimmt ist, um den Durchgang der Wärme durch die Substanz, deren wärmeleitende Kraft man untersuchen will, zu finden und zu messen, so nenne ich es deswegen Passage-Thermometer, und diesen Namen werde ich auch allen den Instrumenten beylegen, die zu demselben Gebrauch und nach denselben Prinzipien bereitet werden, und die ich in Zukunft anzuführen vielleicht Gelegenheit habe. Da ferner dieses Instrument sowohl hier, als in meiner vorigen Abhandlung über die Wärme so weitläuftig ist beschrieben worden, so brauche ich, wenn ich künftig ähnliche der Art beschreibe, nicht alle die kleinen Details anzuführen. Deswegen werde ich dann blos ihre Größe, oder die Diameter ihrer Kugeln, Cylinder und Bälle, und die Länge und Gradationen ihrer Röhren anführen, indem ich voraussetze, daß man sich hier noch eine deutliche Idee von dem Instrumente wird machen können.

Bey den mehrsten meiner vorigen Versuche, wurde, um die wärmeleitende Kraft eines Körpers zu bestimmen, der Körper in den Glas-Ball des

Pas-

Passage-Thermometers eingeschlossen. Dann wurde das Instrument bis zur Temperatur des gefrierenden Wassers abgekühlt, hierauf aus dem Eis-Wasser herausgenommen, schnell in kochendes Wasser getaucht, und die Zeiten der Erhitzung von 10° zu 10° angemerkt. Dort sagte ich, daß sich jene Zeiten wie die wärmeleitende Kraft des Körpers in umgekehrtem Verhältnisse verhielten. Bey den Versuchen hingegen, die ich jetzt anführen will, habe ich im allgemeinen die ganze Verfahrungsart umgekehrt; das heißt, anstatt die Zeiten der Erhitzung zu bemerken, habe ich zuerst den Körper in kochendem Wasser erhitzt, dann in eine Mischung von gestoßenem Eis und Wasser getaucht, und die Zeiten des Erkaltens bemerkt.

Ich habe diese letztere Methode der erstern nicht bloß deswegen vorgezogen, weil man ein Thermometer, das in eine Mischung von Eis und Wasser getaucht ist, viel genauer und bestimmter beobachten kann, als wenn dasselbe Thermometer in ein Gefäß mit kochendem Wasser gestellt wird, wo der heiße Dampf das ganze Instrument umgiebt; sondern auch deswegen, weil die Wärme des kochenden Wassers nach dem verschiedenen Drucke der Atmosphäre auch verschieden ist, woraus folgt, daß

die

die an verschiedenen Tagen damit angestellten Versuche auch verschieden seyn müssen, und folglich streng genommen gar nicht mit einander verglichen werden können. Die Temperatur des Wassers mit Eis gemengt bleibt immer dieselbe, und folglich sind auch die daraus fließenden Versuche gleichförmig.

Beym Erhitzen, brachte ich daher das Thermometer nicht bis zur Temperatur des Siede-Punktes, da wie ich eben bemerkt habe, diese Temperatur veränderlich ist; sondern so wie das Queckſilber den 75° der Scale erreicht hatte, so nahm ich es schnell aus dem kochenden Wasser und tauchte es sogleich in die Mischung von Eis und Wasser; oder, welches ich noch für genauer hielt: ich ließ das Queckſilber ein oder 2 Grad über 75° Grad steigen, nahm dann das Thermometer aus dem kochenden Wasser heraus, hielt es über ein Gefäß mit Eis und Wasser, und in dem Augenblicke, wo das Queckſilber auf 75° stand, tauchte ich das Thermometer in die Mischung. Mit Hülfe einer Uhr am Ohr, die halbe Secunden schlug, die ich zählte, bemerkte ich das Sinken des Thermometers von 70° an, bis 10° der Scale. Bey wenigen Beobachtungen setzte ich die Abkühlung bis 0° oder bis zum Eis-Punkte fort, da dieses viel Zeit kostete, und mit keinem besondern

Vor-

Vortheil verbunden war, indem die Bestimmung der Zeit der Abkühlung von 60° Reaumur d. h. von 70° bis 10°, vollkommen hinreichend ist, um die wärmeleitende Kraft irgend eines Körpers daraus zu bestimmen.

Das Thermometer wurde während seiner Abkühlung beständig in der Mischung von Eis und Wasser herumbewegt. Das Wasser enthielt immer so viel gestoßenes Eis, daß es die Oberfläche des Wassers bedeckte und nach Befinden der Umstände wurde frisches Eis zugesetzt.

Da ich nun den Apparat zu den folgenden Versuchen, und die Art sie anzustellen beschrieben habe, so gehe ich zu den Versuchen selbst fort.

Zuerst suchte ich die relativen wärmeleitenden Kräfte solcher Substanzen, deren man sich gewöhnlich zur Bekleidung bedient, zu bestimmen. Hierzu hatte ich mich mit einer Quantität roher Seide, so wie sie der Wurm spinnt, mit Schaafwolle, Baumwolle, Leinen-Zeug (es waren die Fäserchen sehr feiner irrländischer Leinewand) mit den feinsten Biberhaaren, die von dem Fell und den längern Haaren gesäubert waren, mit den feinsten Haaren von einem weißen russischen

Haa-

Haasen, und mit Eiderdunen versehen. Ich that jedesmal 16 Gran von jeder dieser Substanzen in den Glas-Ball des Passage-Thermometers, vertheilte sie jedesmal sehr sorgfältig in dem Balle, erhitzte dann das Thermometer in dem kochenden Wasser, wie oben beschrieben, nahm es dann heraus, tauchte es in das gestoßene Eis und Wasser, und bemerkte die Zeiten der Abkühlung.

Weil aber die Zwischenräume der Substanzen die auf diese Art sich im Glas-Ball befinden, mit Luft angefüllt sind, so machte ich zuerst den Versuch mit Luft allein, und nahm das Resultat dieses Versuchs als die Basis an, wonach ich alle übrigen verglich. Die Resultate der drey Versuche mit Luft sind folgende:

Die Thermometer-Kugel mit Luft umgeben.

Wärmeverlust.	Vers. No. 1. Zeitverlauf	Vers. No. 2. Zeitverlauf	Angenom. Wärme.	Vers. No. 3. Zeitverlauf
70°	—	—	10°	—
60	38″	38″	20	39″
50	46	46	30	43
40	59	59	40	53
30	80	79	50	67
20	122	122	60	96
10	231	230	70	175
Totalzeit	576	574	—	473

Die

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate der Versuche, mit den dabey erwähnten Substanzen:

Wärmeverlust.	Luft.	Rohe Seide 16 Gr.	Scharfwolle 16 Gr.	Baumwolle 16 Gr.	Feines Linen 16 Gr	Bieberhaare 16 Gr.	Hasenhaare 16 Gr.	Eiderdunen 16 Gr.
	Vers. 1.	Vers 4.	Vers. 5.	Vers. 6	Vers. 7	Vers. 8	Vers 9	Vers 10.
70°	—	—	—	—	—	—	—	—
60	38″	94″	79″	83″	80″	99″	97″	98″
50	46	110	95	95	93	116	117	116
40	59	133	118	117	115	153	144	146
30	80	185	162	152	150	185	193	192
20	122	273	238	221	218	265	270	268
10	231	489	426	378	376	478	494	485
Totalzt.	576	1284	1118	1046	1032	1296	1315	1305

Da sich nun die Wärme eines Körpers, oder seine Kraft die Wärme zurückzuhalten, wie seine Kraft, dem Durchgange der Wärme durch sich hindurch zu widerstehen (die ich seine nichtleitende Kraft nennen will) verhält; da sich ferner die Zeit, die ein Körper, der mit einem Medio umgeben ist, wodurch die Wärme streichen muß, zu seiner Abkühlung braucht, caeteris paribus, wie der Widerstand verhält, den das Medium dem Durchgange der Wärme entgegensetzt; so scheint es, daß

sich

ſich die Wärme der in der vorigen Tabelle erwähnten Körper wie die Zeiten der Abkühlung verhält; indem ſich ihre wärmeleitende Kraft wie jene Zeiten in umgekehrtem Verhältniſſe, wie ich oben zeigte, verhält.

Zufolge der Reſultate der vorhergehenden Verſuche, waren unter den 7 verſchiedenen Subſtanzen, die probiert wurden, die Haaſen-Haare und die Eiderdunen die wärmſten; nach dieſen folgt der Biber Pelz; rohe Seide; Schaafwolle; Baumwolle; und zuletzt, die Faſern von feiner Leinewand; allein ich geſtehe, die Verſchiedenheit der Wärme dieſer Subſtanzen, war lange nicht ſo beträchtlich, als ich ſie zu finden gehofft hatte. Da ich vermuthete, daß dieſes aus der verſchiedenen Intenſität der Subſtanzen, (obgleich die Gewichte dieſelben waren) die aus der Verſchiedenheit ihrer ſpecifiſchen Schwere folgt, entſtanden ſey; da es aber ſo leicht nicht war, die ſpecifiſchen Schweren dieſer Subſtanzen mit der Genauigkeit zu beſtimmen, um daraus zu ſehen, in wie fern eine gegebene Differenz des Volumens oder der Quantität derſelben Subſtanz, immer in demſelben Raum eingeſchloſſen, im Stande ſey, die Zeit ihrer Abkühlung, oder die frey gewordene Wärme der Bedeckung, zu befördern oder zurückzuhalten, ſo machte ich folgende drey Verſuche.

Bey

Bey dem ersten war die Kugel des Thermometers mit 16 Gran Eiderdunen umgeben; Bey dem zweyten mit 32 Gran; bey dem dritten mit 64 Gran; und bey allen diesen Versuchen wurde es so eingerichtet, daß die Substanz genau denselben Platz einnahm d. h. die ganze innere Capacität des Glas-Balls, in deren Mitte die Kugel des Thermometers schwebte; folglich blieb die Größe der das Thermometer umgebenden Hülle, dieselbe, da hingegen ihre Dichtigkeit sich im Verhältniß der Zahlen 1, 2, und 4 veränderte.

Die Resultate dieser Versuche waren folgende:

Die Kugel des Thermometers mit Eiderdunen umgeben.

Wärmeverlust.	16 Gran.	32 Gran.	64 Gran.
	Versuch No. 11.	Versuch No. 12.	Versuch No. 13.
70°	—	—	—
60	97″	111″	112″
50	117	128	130
40	145	157	165
30	192	207	224
20	267	304	326
10	486	565	658
Totalzeit	1304	1472	1615

Ohne mich jetzt dabey aufzuhalten, besondere Schlüsse aus den Resultaten dieser Versuche zu ziehen,

hen, so gehe ich zu andern über, welche uns noch weitere Beleuchtung über die Natur derjenigen Umstände, wovon die Wärme der Bekleidung abhängt, geben werden.

Da ich nach den letzten Versuchen fand, daß die Densität der Hülle so viel zu ihrer Wärme beytrug, wenn gleich ihre Stärke oder Dicke dieselbe blieb, so war ich nun begierig zu sehen, in wie weit die innere Structur derselben dazu beytrüge, sie mehr oder weniger zugänglich für die Wärme zu machen, bey gleicher Dicke und Quantität der Materie. Unter der innern Structur verstehe ich die Lage der Theile der Substanz, die die Hülle bildet; sie mögen nun ganz zart, und durch den Raum, den sie einnehmen gleich vertheilt seyn, wie die rohe Seide, so wie sie der Wurm spinnt; oder sie mögen gröber, in großen Massen vertheilt, mit weitern Zwischenräumen versehen seyn, so wie die Fasern des Tuches, oder abgeschnittene Fäden.

Gesetzt entweder die Wärme striche durch die Substanzen, deren man sich zur Bekleidung bedient, oder die Wärme der Bekleidung hienge blos von der Schwierigkeit ab, welche die Wärme bey ihrem Durchgange durch die Substanzen, oder die soli-

den

den Theile, woraus sie bestehen, findet; so müßte sich in diesem Fall die Wärme der Bekleidung caeteris paribus; immer wie die Quantität der Materialien woraus sie zusammengesetzt sind, verhalten; daß dieses aber nicht der Fall ist, zeigen sowohl die vorhergehenden, als folgenden Versuche ganz deutlich.

Da ich bey dem 4ten Versuche die Wärme von 16 Gran roher Seide bestimmt hatte, so wiederholte ich nun denselben Versuch mit derselben Quantität oder Gewicht von gezupftem weißen Taffent, und dann mit eben so viel gewöhnlicher Näh-Seide, die in 2 Zoll lange Stücken geschnitten war. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate dieser drey Versuche:

Wärmeverlust.	Rothe Seide. 16 Gran. Versuch 4	Gezupfter Taffent. 16 Gran. Versuch 14.	Nähseide in Stückchen geschnitten. 16 Gran. Versuch 15.
70°	—	—	—
60	94″	90″	67″
50	110	106	79
40	133	128	99
30	185	172	135
20	273	246	195
10	489	427	342
Totalzeiten.	1284	1169	917

Dba

Obgleich bey allen drey Versuchen die Quantitäten der Seide dieselben waren, und ob sie gleich bey jedem der Versuche denselben Raum einnahmen, so war doch die Wärme der durch die Seide gebildeten Hüllen sehr verschieden, welches von der verschiedenen Lage des Materials herrührte.

Die rohe Seide war sehr fein und gleich vertheilt durch den ganzen Raum, den sie einnahm, und bildete daher eine sehr warme Hülle.

Der gezupfte Taffent war auch fein, doch nicht so fein als die rohe Seide; folglich waren die Zwischenräume der Faden größer, und er war weniger warm; die Stückchen Näh-Seide endlich waren sehr rauh, folglich sehr ungleichförmig in dem Raum, den sie einnahmen verbreitet, und bildeten daher eine sehr schlechte Hülle zum Zusammenhalten der Wärme.

Aus den Resultaten der fünf letzten Versuche wird es klar, daß die Luft, die die Zwischenräume der Körper, deren man sich zur Bekleidung bedient, einnimmt, eine wichtige Rolle beym Zusammenhalten der Wärme spielt; doch ich verschiebe die weitere Untersuchung dieses Umstandes bis ich mehrere an-

dere

dere Versuche angeführt habe, die, wie ich glaube, noch mehr Licht über diesen Gegenstand verbreiten werden.

Allein ehe ich weiter gehe, führe ich noch drey Versuche, oder vielmehr ein und denselben Versuch, den ich an einem Tage dreymal wiederholte, an, um zu sehen, in wie fern man sich, in Hinsicht auf die Gleichförmigkeit ihrer Resultate, auf sie verlassen könne.

Der Glas-Ball des Passage-Thermometers wurde mit 16 Gran Baumwolle angefüllt, das Instrument wurde dabey verschiednemal erhitzt und abgekühlt, und die Zeiten der Abkühlung waren folgende:

Wärmeverlust.	Versuch 16.	Versuch 17.	Versuch 18.
70°	—	—	—
60	82″	84″	83″
50	96	95	95
40	118	117	116
30	152	153	151
20	221	221	220
10	380	377	377
Totalzeiten.	1049	1047	1042

Die Differenzen der Zeiten der Abkühlung sind bey diesen drey Versuchen äußerst gering; aber eben

so

so regelmäßig wie diese, waren auch die übrigen auf dieselbe Art angestellten Versuche, von denen viele zwey bis dreymal wiederholt wurden, ob ich sie gleich, wegen der Kürze, blos als einfache Versuche bemerkt habe.

Ich fahre jetzt in meinen Forschungen über die Ursache der Wärme der warmen Bekleidungen fort. Da ich gefunden hatte, daß die Feinheit und die gleiche Verbreitung eines Körpers oder einer Substanz, deren man sich als Hülle zum Zusammenhalten der Wärme bedient, so viel zur Erhaltung der Wärme beyträgt, so war ich jetzt begierig auf den Erfolg, wenn ich die Bedeckung verdichten würde, indem die Quantität der Substanz dieselbe bliebe, aber ihre Dicke nach dem Verhältniß der Zunahme ihre Dichtigkeit, verringert würde.

Der Versuch, den ich deswegen anstellte, war folgender: — Ich nahm 16 Gran gewöhnliche Näh-Seide, von Mittelstärke, wand sie so um die Thermometer-Kugel, daß diese davon ganz und von derselben Stärke bedeckt war, steckte dann das Thermometer wieder in den Glas-Cylinder, und erhitzte das ganze Instrument wieder in kochenden Wasser, kühlte es dann in Wasser und Eis ab, so wie bey

den obigen Versuchen. Die Resultate dieses Versuchs liefert die folgende Tabelle. Damit sie gleich mit den andern mit gleicher Menge Seide, aber verschiedentlich angewendet, angestellt, verglichen werden können, habe ich jene Versuche daneben gesetzt:

Wärmeverlust.	Robe Seide. 16 Gran.	Gezupfter feiner Taffent. 16 Gran.	Nähseide in Stücken geschnitten. 16 Gran.	Nähseide um die Kugel d. Thermomet. gewunden 16 Gran.
	Vers. N. 4	Vers. N. 14	Vers. N. 15	Vers. N. 19
70	—	—	—	—
60	94″	90″	67″	46″
50	110	106	79	62
40	133	128	99	85
30	185	172	135	121
20	273	246	195	191
10	489	427	342	399
Totals.	1214	1169	917	904

Es verdient sehr bemerkt zu werden, daß, obgleich die Hülle, die durch die Näh-Seide die im 19 Versuch um die Thermometer-Kugel gewunden war, gebildet wurde, wenig Kraft zu besitzen schien, die Wärme, so lange das Instrument heiß war, zusammenzuhalten; — doch nachher, da sich die Wärme des Thermometers der Wärme des ihn ungebenden Mediums näherte, ihre Kraft die Wär-

me

me, die in der Thermometer-Kugel blieb, zurückzuhalten, selbst größer erschien, als die der Seide in dem Versuch No. 15., indem die Zeit der Abkühlung von 20° bis auf 10° in dem Vers. No. 19 = 399", in dem Versuch aber nur = 342" war. Dasselbe beobachtete ich bey den folgenden Versuchen, wo die Thermometer-Kugel mit Fäden von Wolle, Baumwolle, und Leinen, oder Flachs, auf dieselbe Art wie mit der Näh-Seide umwunden war.

Die folgende Tabelle liefert die Resultate dieser Versuche mit Fäden verschiedener Art. Um auch sie desto leichter mit den Versuchen die mit derselben Quantität derselben Substanzen aber in verschiedener Form angestellt wurden, vergleichen zu können, habe ich auch die Rechnungen dieser Versuche zur Seite einer jeden mit beygefügt. Eben so habe ich auch noch einen Versuch mit beygefügt, wo 16 Gran feine Leinwand um die Thermometer-Kugel gewunden wurden, die 9 mal herum reichte, dann oben und unten zugebunden wurde, so daß die Kugel völlig damit bedeckt war.

Wärme-verlust.	Schafwolle, 16 Gran, umgiebt die Kugel des Thermometers.		Wollene Fäden, 16 Gran, um die Kugel des Thermometers gewunden.		Baumwolle, 16 Gran, umgiebt die Kugel des Thermometers.		Baumwollene Fäden, 16 Gran, um die Kugel des Thermometers gewunden.		Gezupftes Linnenzeug, 16 Gr. umgiebt die Thermometer = Kugel.		Leinene Fäden, 16 Gran, um die Thermometer = Kugel gewunden.		Leinwand, 16 Gran, um die Thermometer = Kugel gewickelt.	
	Verf. 5.		Verf. 20.		Verf. 7.		Verf. 21.		Verf. 7.		Verf 22		Verf. 23.	
70°	—		—		—		—		—		—		—	
60	79	"	46	"	83	"	45	"	80	"	46	"	42	"
50	95		63		95		60		93		62		56	
40	118		89		117		83		115		83		74	
30	162		126		152		115		150		117		108	
20	238		200		221		179		218		180		168	
10	426		410		378		370		376		385		338	
Totalz.	1118		934		1046		852		1032		873		783	

Daß der um die Thermometer-Kugel leicht gewundene Faden eine minder warme Hülle als dieselbe Quantität von Wolle, oder von andern rohen Materialien, (woraus der Faden gemacht war) die die Kugel des Thermometers lockerer umhüllten, und folglich einen größern Raum einnahmen, abgeben

würde,

würde, hatte ich nach meiner Idee über die Ursachen der Wärme der Bedeckungen erwartet; allein ich gestehe, es überraschte mich sehr, die relative Wärme dieser beyden Arten von Umhüllungen, da, wo sie große Wärme-Grade zurückhalten sollen, und dann wenn die Wärme, welche sie einschließen sollen, nach Verhältniß gegen die Temperatur des sie umgebenden Mediums viel geringer ist, so verschieden zu finden. Diese Verschiedenheit ist sehr auffallend: Bey den Versuchen mit Schaafwolle, und mit wollenen Faden, verhielt sich die Wärme der Hülle aus 16 Gran der Schaafwolle gemacht, zu der, aus 16 Gran wollenen Faden gebildet, — da der Thermometer von 70° bis 60° abgekühlt wurde, — wie 79 zu 46; hingegen hernach, da das Thermometer blos von 20° bis auf 10° gefallen war, verhielt sich die Wärme der Wolle zu der der wollenen Fäden nur wie 426 zu 410; und bey den Versuchen mit leinenem Zeuge, und leinenen Fäden war, bey sehr verminderter Wärme, die Bedeckung durch Fäden sogar wärmer, als die von Leinwand, da doch im Anfang der Versuche, wo die Wärme viel größer war, die Leinwand wärmer als die Fäden, im Verhältniß wie 80 zu 46 war.

Hieraus folgt, daß eine Bedeckung unter gewissen Umständen sehr geschickt seyn könne, geringe

Wärme-Grade zu bewahren; da doch der Unterschied zwischen beyden Bedeckungen zur Bewahrung einer grössern intensivern Wärme sehr gering seyn würde, und vice versa. Dies ist, wie ich glaube, ein neues Factum, dessen Kenntniß zu weitern Entdeckungen in Hinsicht auf die Wärme von Bedeckungen, oder der Art, wie die Wärme durch sie hindurch geht, führen kann. Doch ehe ich diesen Gegenstand weiter verfolge, will ich lieber vorher verschiedene andere Versuche erst anführen, die wie ich hoffe mehr Licht darüber verbreiten, und die Untersuchung leichter und befriedigender machen werden.

Um zu bestimmen, in wie fern die Kraft mancher Körper, die Wärme zusammenzuhalten, (sobald man sich ihrer zu Bedeckungen bedient) von der Natur dieser Körper als chemische Substanzen betrachtet, abhängt, unternahm ich die folgenden Versuche:

Da die Holzkohle, wie man annimmt, beynahe ganz aus Phlogiston zusammengesetzt ist, so meinte ich, daß, wenn ich den Versuch, wie ich ihn mit verschiedenen andern Körpern angestellt hatte, jetzt mit Holzkohle versuchte, ich dadurch entdecken würde, ob das phlogistische Prinzip entweder die

Ursache

Ursache der wärmeleitenden oder nichtleitenden Kraft derjenigen Körper, die es enthalten, sey. Ich füllte daher den Glas-Ball des Passage-Thermometers mit 176 Gran feinem Kohlen-Pulver (es war im Mörser gestoßen, und dann fein durchgesiebt worden) so daß es die Thermometer-Kugel vollkommen umgab, erhitzte das Instrument in kochendem Wasser, tauchte es dann in eine Mischung von Eis und Wasser, und bemerkte die Zeiten der Abkühlung, so wie sie die folgende Tabelle liefert. Dann wiederholte ich denselben Versuch mit Lampenruß, und mit einer trocknen Holzasche. Die Resultate liefert gleichfalls die folgende Tabelle.

Die Kugel des Thermometers umgeben mit				
Wärmeverlust.	176 Gran feinen Kohlenpulver.	176 Gr. feinen Kohlenpulver.	195 Gr. Lampenruß	307 Gr. reinertrockner Holzasche.
	Vers. N. 24	Vers. N. 25	Vers. N. 26.	Vers. N. 27
70°	—	—	—	—
60	79″	91″	124″	96″
50	95	91	118	92
40	100	109	134	107
30	139	133	164	136
20	196	192	237	185
10	331	321	394	311
Totalzeit	940	937	1171	927

Der

Der Versuch No. 25. war eine bloße Wiederholung von No. 24., und wurde sogleich nach diesem angestellt; nur wurde durch die Bewegung des Thermometers bey dem ersten Versuche das Kohlen-Pulver in dem Glas-Ball ein wenig gerüttelt, welchem Umstand ich die Verschiedenheit, die sich in den Resultaten der beyden Versuche findet, zuschreibe.

Bey den Versuchen mit Lampenruß und mit der Holzasche, sind die Zeiten der Abkühlung von 70° bis 60° größer, als die von 60° bis 50°; dieses rührt wahrscheinlich von der beträchtlichen Menge von Wärme her, die diese Substanzen selbst enthalten, und die sie erst absetzen mußten, ehe sie in der Kugel des Thermometers enthaltene Wärme annehmen, und wieder an das sie umgebende Medium absetzen konnten.

Den nächsten Versuch stellte ich mit Semen lycopodii an, welches gewöhnlich auch Hexen-Mehl heißt; eine Substanz, die ganz besondere Eigenschaften besitzt. Es nimmt durchaus keine Nässe an. Streuet man eine gehörige Menge auf die Oberfläche eines Wasser-Beckens, so schwimmt es nicht blos darauf ohne naß zu werden, sondern es verhindert auch daß andere Körper, die man hindurch in das

Wasser

Wasser taucht, nicht naß werden, so daß man ein Stück Gold, oder einen andern festen Körper mit der Hand von dem Boden des Wasser-Beckens aufheben kann, ohne die Hand naß zu machen; ein gewöhnliches Kunststück der gemeinen Taschenkünstler: das Hexen-Mehl bedeckt nemlich die Hand, geht mit auf den Boden des Gefäßes, und schützt so die Hand, daß sie nicht naß wird. Diese Substanz hat das Ansehn eines leichten, feinen gelben Pulvers, das sehr entzündlich ist, so daß wenn man es aus einem Federkiel in die Licht-Flamme bläßt, es wie Schießpulver flackert, weswegen man es auch auf unsern Theatern braucht, um den Blitz damit nachzuahmen.

Ich sah ein, daß zwischen dieser Substanz und der Luft eine starke Attraction Statt finden müsse, und da ich zufolge einiger Umstände, die ich bey einigen der vorhergehenden Versuche bemerkt hatte, vermuthete, daß die Wärme einer Bedeckung nicht blos von der Feinheit der Substanz, woraus die Bedeckung besteht, und von der Lage ihrer Theile herrührt, sondern daß sie einigermaßen aus einer gewissen Attraction zwischen der Substanz und der Luft, die die Zwischenräumchen anfüllt, entsteht, so glaubte ich, ein Versuch mit Semen lycopodii

würde

würde wahrscheinlich mehr Licht über diesen Gegenstand verbreiten, und ich betrog mich auch nicht ganz in dieser Meinung, so wie man aus den Resultaten der folgenden drey Versuche sehen wird.

Die Kugel des Thermometers mit 256 Gran Semen lycopodii umgeben.

Wärmeverlust.	Abgekühlt Vers. N. 28	Abgekühlt. Vers. N. 29	Angenom. Wärme.	Erhizt. Vers. N. 30.
70°	—	—	0°	—
60	146″	157″	10	230″
50	162	160	20	68
40	175	170	30	63
30	209	203	40	76
20	284	288	50	121
10	502	513	60	316
—	—	—	70	1585.
Totalzt.	1478	1491	—	2459

Bey dem letzten Versuch (No. 30.) dessen Resultat sehr auffallend war, wurde das Instrument in schmelzendem Eise bis auf 0° abgekühlt, und hierauf sogleich in kochendes Wasser getaucht, worinne es so lange blieb, bis das eingeschlossene Thermometer eine Wärme von 70° angenommen hatte, welches 2459 Secunden, oder gegen 40 Minuten dauerte; indem das Instrument schon 1½ Min. in dem kochenden Wasser stand, ehe das Queckfilber im Thermometer auch nur im geringsten stieg. Da es endlich in Bewegung kam, so stieg es sehr schnell

40 oder 50 Grad, worauf aber seine Bewegung so langsam wurde, daß es 1535 Secunden oder etwas über 26 Minuten dauerte, ehe es 60° bis 70° stieg, obgleich die Temperatur des Mediums, in welchem es sich befand, während dieser ganzen Zeit beynahe 80° war. Das Queckſilber des Thermometers stand beynahe auf 27 Pariser Zoll.

Alle die verschiedenen Substanzen, die ich bis jetzt zu den Versuchen gebraucht hatte, um damit die Kugel des Thermometers zu umhüllen, hatten, die Flüssigkeiten ausgenommen, die Wärme mehr oder minder zusammengehalten, oder verhindert, daß sie aus dem Thermometer nicht so schnell heraustrat, als es geschehen seyn würde, wäre der Glas-Ball, in dessen Mitte sich das Thermometer befand, mit nichts als mit Luft angefüllt gewesen. Allein nun entsteht die große Frage, wie, oder auf welche Art jene Substanzen dieses bewirkten?

Zuerst war es nicht blos die Folge ihrer eignen nichtwärmeleitenden Kraft; denn nehmen wir an, daß sie anstatt blos schlechte Wärme-Leiter zu seyn, für die Wärme ganz undurchdringlich gewesen wären, so war in diesem Fall ihr Volumen oder ihre festen Bestandtheile so erstaunlich klein im Verhältniß gegen die Capacität des Glas-Balls in dem sie

sich

sich befanden, daß, hätten sie keine Wirkung auf die Luft, die ihre Zwischenräumchen anfüllte, hervorgebracht, diese Luft hinreichend gewesen wäre, in weniger als der in den Versuchen bemerkten Zeit, alle mitgetheilte Wärme fortzuleiten.

Da der Diameter des Glas-Balls 1, 6 Zoll war, so betrug der Inhalt desselben 2,14466 Cub. Zoll; und da der Inhalt der Thermometer-Kugel nur 0,08711 eines Cub. Zolls betrug (indem der Diameter 0,55 Zoll war) so hielt der Raum zwischen der Thermometer-Kugel und der innern Fläche des Glas-Balls 2,14466 — 0,08711 = 2,05755 Cub. Zoll. Diesen ganzen Raum nahmen die Substanzen, womit die Thermometer-Kugel in den obigen Versuchen umgeben war, ein.

Obgleich nun die Substanzen jenen Raum einnahmen, so füllten sie ihn doch bey weiten nicht aus; denn den größten Theil des Raums nahm die Luft ein, die die Zwischenräumchen der erwähnten Substanzen anfüllte. Bey dem Versuche No. 4. nahmen 16 Gran roher Seide diesen Raum ein; da sich nun die specifische Schwere der rohen Seide zu der des Wassers, wie 1734 zu 1000 verhält, so war das Volumen dieser Seide gleich dem Volumen von

9,4422

9,4422 Gr. Wasser; da ferner ein Cubic-Zoll Wasser 253,185 Gran wiegt, so war das Volumen der Seide gleich $\frac{9}{2}\frac{4}{5}\frac{4}{3}\frac{2}{1}\frac{2}{8}\frac{2}{5}\frac{}{0} = 0{,}037294$ eines Cub. Zolls. Da nun der Raum, den sie einnahm 2,95755 Cub. Zoll betrug, so folgt hieraus, daß die Seide nicht mehr als gegen $\frac{1}{55}$ des Raums, in dem sie eingeschlossen war, anfüllte. Der ganze übrige Theil des Glas-Balls war mit Luft angefüllt.

Bey dem Versuch No. 1., wo der Raum zwischen der Thermometer-Kugel und dem Glas-Ball, bloß mit Luft angefüllt war, betrug die Zeit, um das Thermometer von 70° bis 10° abzukühlen 576 Sec., bey dem Versuch No 4 hingegen, wo derselbe Raum mit 54 Theilen Luft, und 1 Theil roher Seide angefüllt war, betrug die Zeit derselben Abkühlung 1284 Secunden.

Nehmen wir nun an, daß die Seide durchaus keine Wärme fortleiten konnte und setzen ferner zugleich voraus, daß sie die Luft, die sich mit in dem Glas-Ball befand, nicht verhindern konnte, die Wärme fortzuleiten, so würde in diesem Fall die Gegenwart der Seide in dem Glas-Ball die Zeit der Abkühlung nur nach dem Verhältniß der Luft-Menge, die sie von ihrem Platze vertrieben hatte,

d. h.

d. h. wie 1 zu 54, oder um etwas mehr als 10 Secunden, verzögert haben. Allein die Zeit der Abkühlung war in der That um 703 Secunden verlängert worden (denn bey dem Versuch No. 1. betrug es 576 Sec. und im Vers. No. 4. war es 1284 Sec.); Dies beweißt, daß nicht blos die Seide an und für sich selbst die Wärme nicht fortleitete, sondern daß sie auch die Luft, die ihre Zwischenräumchen einnahm, daran hinderte, oder wenigstens ihre Kraft, die Wärme fortzuleiten, sehr schwächte.

Die nächste Frage ist nun: wie kann die Luft gehindert werden, daß sie die Wärme nicht fortleitet? und dieses zieht die andere nach sich: wie leitet die Luft die Wärme fort?

Wenn die Luft die Wärme leitet, wie es wahrscheinlich ist, daß die Metalle, das Wasser, und alle andere feste Körper und unelastische Flüssigkeiten sie leiten, das heißt indem ihre Theilchen an ihrer Stelle bleiben, so geht die Wärme von Theilchen zu Theilchen durch die ganze Masse. Da man nun nicht berechtigt ist anzunehmen, daß sich die Wärme nothwendig in geraden Linien fortpflanzen muß, so begreife ich nicht, wie die Dazwischenkunft solch

einer

einer kleinen Menge eines festen Körpers, der nur $\frac{1}{5}$ Theil des Volumens der Luft, (wie oben bemerkt worden) betrug, solch eine beträchtliche Verminderung der wärmeleitenden Kraft der Luft, wie es in dem obenerwähnten Versuche No. 4. mit roher Seide der Fall war, hätte hervorbringen können.

Wenn die Luft und das Wasser die Wärme auf dieselbe Art fortleiten, so wäre es mehr als wahrscheinlich, daß ihre wärmeleitende Kraft durch dieselben Mittel könnte geschwächt werden; allein da ich den Versuch mit Wasser anstellte, indem ich den Glas-Ball, in dessen Mitte die Thermometer-Kugel sich befand, damit anfüllte, und dann denselben Versuch dadurch veränderte, daß ich 16 Gran roher Seide in das Wasser mischte; so fand ich nicht, daß die wärmeleitende Kraft des Wassers durch die Seide merklich geschwächt wurde *).

Doch haben wir oben gesehen, daß dieselbe Seide, wenn sie mit einem gleichen Volumen Luft ge-

*) Der hier erwähnte Versuch wurde im Jahr 1787 angestellt. Allein das Resultat einer sorgsamern Forschung über diesen Gegenstand hat seit dem gezeigt, daß sich die Wärme im Wasser nicht auf die hier angenommene Art fortpflanzt. (Siehe VII. Abhandl).

gemischt ist, deren wärmeleitende Kraft um einen beträchtlichen Grad verringerte; folglich, kann man füglich schließen, daß das Wasser und die Luft die Wärme auf verschiedene Art fortleiten.

Der folgende Versuch aber, wird, wie ich glaube, die Sache außer allen Zweifel setzen.

Es ist bekannt genug, daß die Eigenschaft der Luft, Wasser im aufgelößten Zustande zu erhalten, durch die Wärme sehr vermehrt, und durch die Kälte sehr vermindert wird; ferner daß, wenn sehr warme Luft mit Wasser gesättigt ist, und sie hernach abgekühlt wird, ein Theil dieses Wassers natürlicherweise abgesetzt wird.

Ich nahm eine cylindrische Bouteille von durchsichtigem Glase, 8 Zoll im Diameter, und 12 Zoll hoch, mit einem kurzen engen Halse, hieng in die Mitte der Bouteille ein schmales Stück leinenes Zeug mäßig angefeuchtet, tauchte sie dann in ein großes Gefäß mit Wasser, das bis zu 100° erhitzt war, ließ sie darinn, bis die Luft nicht blos warm geworden, sondern sich auch mit der Feuchtigkeit aus dem Stück Linnen ganz gesättigt hatte, indem die Oeffnung der Bouteille während dieser ganzen Zeit mit einem guten Kork verstopft war. Da dieses

ses geschehen war, so nahm ich den Kork einen Augenblick heraus, um den leinenen Streifen wegzunehmen, stopfte dann die Bouteille schnell wieder zu, nahm sie aus dem warmen Wasser heraus, und tauchte sie in ein großes cylindrisches Gefäß, 12 Zoll im Diameter und 16 hoch, welches gerade so viel eiskaltes Wasser enthielt, daß das Gefäß, wenn die Bouteille ganz untergetaucht war, ganz damit angefüllt war.

Da das Gefäß, so wie die Bouteille und das Wasser vollkommen durchsichtig war, so konnte ich ganz deutlich sehen, was in der Bouteille vorging; da ich ferner das Gefäß auf einen Tisch nahe an das Fenster in die günstigste Beleuchtung gesetzt hatte, so schickte ich mich zur Beobachtung mit aller der bangen Erwartung an, die die Gewißheit, daß das Resultat des Versuches entscheidend seyn müsse, natürlich einflößt.

Ich war überzeugt, daß die in der Bouteille enthaltene Luft ihre Wärme nicht verliehren würde, ohne nicht auch in demselben Augenblick, und auf derselben Stelle, einen Theil ihres enthaltenen Wassers abzusetzen; durchdränge nun die Wärme die Masse der Luft von dem Centrum

aus nach der Oberfläche zu, oder pflanzte sie sich in ihr von Theilchen zu Theilchen, auf dieselbe Art fort, wie sich, wie man mit Wahrscheinlichkeit annehmen kann, die Wärme im Wasser, und in den andern unelastischen Flüssigkeiten *) verbreitet, so mußte bey weiten der größte Theil der in der Bouteille enthaltenen Luft, auch ehe sie noch das Glas berührte seine Wärme abgeben, und zu gleicher Zeit einen verhältnißmäßigen Theil seines Wassers absetzen, der denn in Gestalt eines Regens niederfallen würde; ob ich nun gleich vermuthete, daß dieser Regen zu fein seyn würde, um bey seinem Niederströmen bemerkt zu werden, so erwartete ich doch, ihn auf den Boden der Bouteille, wenn auch nicht in sichtbaren Wassertropfen, doch als feuchten Beschlag zu finden, eben so wie kalte Gläser von heißen wässerigen Dünsten anlaufen.

Würden hingegen die Theilchen der Luft, anstatt ihre Wärme von Theilchen zu Theilchen fortzupflanzen, für sich selbst, und jedes abgesondert von

*) Der hier erwähnte Versuch wurde im Jahr 1787 angestellt; allein das Resultat einer sorgsamern Untersuchung dieses Gegenstandes hat seitdem bewiesen, daß sich die Wärme im Wasser, nicht nach der hier angenommenen Art fortpflanzt. (Siehe VII. Aufsatz.)

von dem Mittel-Punkt aus an die Oberfläche der Bouteille gelangen, so schloß ich, daß in diesem Fall, der durch das abgesetzte Wasser gebildete Beschlag sich über die ganze Bouteille verbreiten müßte, so daß er am Boden eher schwächer als stärker, als an den Seiten erscheinen würde; und dieses bestätigte sich auch wirklich.

Der feuchte Beschlag erschien zuerst an den Seiten der Bouteille nach dem Halse zu; von da breitete er sich nach und nach nach unten zu aus, wurde aber immer schwächer, so daß er $\frac{1}{2}$ Zoll von dem Boden der Bouteille kaum mehr sichtbar war; auf dem Boden selbst aber, der beynahe ganz eben war, sah man kaum die entfernteste Spur von Feuchtigkeit.

Diese Erscheinungen sind, wie ich glaube, leicht zu erklären. Wenn die Luft, die unmittelbar das Glas berührt, abgekühlt wird, und einen Theil ihres Wassers an der Glasfläche abgesetzt hat, so sinkt sie zufolge ihrer vermehrten specifischen Schwere an den Seiten der Bouteille herab, und drängt, indem sie sich auf dem Boden derselben lagert, die ganze Masse der warmen Luft hinauf; diese setzt nun auch ihrer Seits, an den Seiten-

Wänden der Bouteille ihre Wärme und ihr Wasser ab, und indem sie ihren Lauf nachher wieder niederwärts nimmt, so geht dieser Kreislauf so lange fort, bis die ganze Luftmasse in der Bouteille genau die Temperatur des Wassers, in dem sie umgebenden Gefäß, angenommen hat.

Hieraus wird klar, warum der verdichtete Dunst sich zuerst in dem Halse der Bouteille ansetzt; ferner warum er sich eben da am stärksten sammelt, so daß er sich nach den Boden zu immer unbeträchtlicher absetzt.

Dieser Versuch bestärkte mich in einer Meinung, die ich schon vor einiger Zeit gehabt hatte, daß, obgleich die individuellen Theilchen der Luft fähig sind, Wärme aufzunehmen und fortzuführen, doch die Luft in einem ruhigen Zustande, oder als ein Fluidum betrachtet, dessen Theilchen unter sich betrachtet ruhen, nicht fähig ist, die Wärme fortzuleiten, oder ihr einen Durchgang zu gewähren; mit einem Wort, daß die Wärme nicht fähig ist, durch eine Masse von Luft zu gehen, indem sie von einem Theilchen zum andern dringt; und daß von diesem Umstande ihre nichtleitende Kraft vorzüglich abhängt.

Die-

Dieser Umstand ist es also vorzüglich von dem es abhängt, daß die nichtleitende Kraft der Luft, oder ihre apparente Wärme, wenn man sie als Hülle zum Einschließen der Wärme anwendet, so beträchtlich durch eine Mischung mit einer kleinen Menge einer sehr feinen, leichten, festen Substanz, wie z. B. rohe Seide, Pelzwerk, Eiderdunen u. s. w. (s. die vorhergehenden Versuche) erhöht wird: denn obgleich, wie ich schon bemerkt habe, diese Substanzen, wegen der geringen Quantität, in der sie angewendet wurden, kaum beträchtlich die Luft würden verhindert haben, die Wärme fortzuleiten, oder ihr einen Durchgang zu gewähren, in dem Fall, daß sie durch sie hindurch hätte gehen können; so konnten sie die Luft, in dem Act der Fortpflanzung der Wärme doch sehr hindern.

Allein noch findet sich ein anderer Umstand, den man nothwendigerweise auch in Betracht ziehen muß. Dieses ist die Attraction, die zwischen der Luft, den oben erwähnten Körpern, und andern ähnlichen Substanzen, die eine natürliche oder künstliche Bekleidung abgeben, Statt findet. Denn obgleich die Incapacität der Luft, — der Wärme auf die Art einen Durchgang zu gestatten, wie es bey festen Körpern Statt hat, — uns in den Stand setzt,

ihre

ihre Wärme unter gewissen Umständen zu erklären, so scheint doch die bloße Zulässigkeit dieses Prinzips nicht hinzureichen, um die äußerordentlichen Grade der Wärme, wie wir sie bey dem Pelzwerk, bey Federn, bey verschiedenen andern Arten der natürlichen und künstlichen Bekleidung, und selbst im Schnee finden, zu erklären; denn nehmen wir an, daß die Theilchen der Luft, die Wärme, die durch diese Körper zusammen oder zurückgehalten werden soll, ohne ein anderes Hinderniß, als das aus ihrer vis inertiae, (oder dem Mangel der nothwendigen Kraft um sie in Bewegung zu setzen) entsteht, wegführen könnten, — so scheint es wahrscheinlich zu seyn, daß die Nachfolge von frischen Theilchen kalter Luft, und der daraus entstehende Verlust von Wärme, viel schneller seyn würde, als wie wir es in der That finden.

Daß eine Attraction, ja selbst eine sehr starke, zwischen den Theilchen der Luft, den feinen Haaren oder Pelzwerk von Thieren, den Federn von Vögeln, der Wolle ꝛc. Statt hat, erhellet aus der Hartnäckigkeit, womit diese Substanzen die Luft, die an ihnen hängt, selbst wenn sie in das Wasser getaucht, oder unter dem Recipienten einer Luftpumpe behandelt werden, an sich halten. Daß diese

Attraction für die Wärme jener Körper nothwendig ist, kann man, wie ich glaube, leicht erklären.

Bey dem Pelzwerk zum Beyspiel, ist die Attraction zwischen den Theilchen der Luft, und den feinen Haaren, in welche erstere gehüllt sind, größer, als die vermehrte Elasticität oder Repulsionskraft dieser Lufttheilchen gegen die übrigen Theilchen der Luft betrachtet, welche aus der Wärme, die ihnen durch den animalischen Körper mitgetheilt wird, entsteht; so wird die Luft in dem Pelzwerk, obgleich erwärmt, doch nicht leicht fortgeführt; und diese Decke von eingeschlossener Luft ist die eigentliche Barriere, die die animalischen Körper gegen die äußere kalte Luft schützt. Jene Luft kann die animalische Wärme nicht fortführen, da sie selbst durch ihre Attraction an die Haare oder das Pelzwerk gefesselt ist; daher wenn sie ja Wärme fortführt, so geschiehet dieses nur mit der Schwierigkeit, wie ich in den vorhergehenden Versuchen genugsam gezeigt habe.

Hieraus erklärt sich, warum die Pelze, die die feinsten, längsten und dicksten Haare haben, zugleich auch die wärmsten sind; und warum die Pelze des Bibers, der Fischotter, und anderer ihnen ähnlicher

licher Thiere, die viel im Waſſer leben, ſo wie die Federn des Waſſergeflügels im Stande ſind, die Wärme dieſer Thiere im Winter, ohngeachtet der erſtaunlichen Kälte, und der großen leitenden Kraft des Waſſers, worinne ſie ſchwimmen, zu erhalten. Die Attraction zwiſchen dieſen Subſtanzen, und der Luft, die ihre Zwiſchenräumchen einnimmt iſt ſo groß, daß dieſe Luft ſelbſt durch die Berührung des Waſſers aus ihrer Stelle nicht vertrieben wird; ſondern indem ſie an ihrer Stelle bleibt, ſo verhindert ſie ſowohl, daß der animaliſche Körper nicht naß wird, als auch daß er ſeiner Wärme durch die ihm umgebende kalte Flüſſigkeit nicht beraubt wird; ja es iſt ſogar möglich, daß der Druck des Waſſers gegen die Decke der Luft, die in den Zwiſchenräumchen des Pelzes oder der Federn eingeſchloſſen iſt, die Wärme oder nichtleitende Kraft derſelben zu gleicher Zeit ſo vermehrt, daß das Thier auf dieſe Art im Waſſer eben nicht mehr Wärme verliert, als wenn es ſich in freyer Luft befindet. Denn wir ſahen in den vorhergehenden Verſuchen, daß unter gewiſſen Umſtänden die Wärme einer Bedeckung dadurch ſehr vermehrt wird, daß man ihre Theile näher zuſammen bringt, oder ihre Dichtigkeit auf Koſten ihrer Dicke vermehrt. Aber dieſer Umſtand ſoll hernach noch weiter unterſucht werden.

Die

Die Bären, Wölfe, Füchse, Haasen, und andere ähnliche Thiere, die in kalten Gegenden sich aufhalten, haben auf dem Rücken dickern Pelz, als am Bauche. Die erwärmte Luft, die die Räumchen zwischen den Haaren des Thiers einnimmt, strebt nach oben zu zu steigen, und würde, vermöge ihrer vermehrten Elasticität durch den Rücken der Thiere viel leichter, als durch den Bauch entweichen, hätte die Vorsehung sie nicht gegen dieses Uebel durch die vermehrten Hemmungen in den obern Theilen, wodurch die Wärme an den thierischen Körper gefeßelt wird, so weise geschützt. Dieses giebt schon, wie ich glaube, beynahe einen Beweis für die Prinzipien über die Art, wie die Wärme von der Luft fortgeführt wird, und über die Ursachen der nichtleitenden Kraft der Luft oder ihre apparente Wärme, wenn sie, verbunden mit andern Körpern, als eine Decke zum Zusammenhalten der Wärme betrachtet werden kann, ab.

Der Schnee, der die Oberfläche der Erde unter hohen Graden der Breite im Winter bedeckt, ist ohne Zweifel vom Schöpfer zur Bekleidung jener Gegenden bestimmt, um sie gegen die rauhen Winde aus den Polar-Gegenden, die während der kalten Jahres-Zeit dort herrschend sind, zu schützen.

Die-

Diese Winde, behalten, der großen Land-Striche ohngeachtet, über welche sie streichen, ihre Rauhigkeit so lange, als der Boden, über den sie wehen, noch mit Schnee bedeckt ist, bey; und ihre schneidende Kälte nimmt erst ab, und verliert sich nach und nach, wenn sie den Ocean erreichen, wo sie aus den Gewässern desselben die Wärme, die der Schnee auf dem Lande zurück hielt, erhalten und aufnehmen.

Man findet immer, daß die Winde viel kälter sind, wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist, als wenn er davon entblößt ist; und diese außerordentliche Kälte wird, wie man gewöhnlich annimmt, der Luft durch den Schnee mitgetheilt. Doch dieses ist eine ganz irrige Meinung; denn meistentheils sind die Winde sogar viel kälter als selbst der Schnee. Sie behalten aber ihre Kälte, weil der Schnee sie verhindert, sich auf Kosten der Erde zu erwärmen, und dieses beweißt den großen Nutzen des Schnees, die Wärme der Erde in kalten Climaten im Winter zu erhalten.

Merkwürdig ist es, daß diese Winde selten von den Polen gerade gegen den Aequator zu wehen, sondern meistens vom Lande gegen die See zu. Auf

der

der Ostküste von Nord-Amerika wehren die kalten Winde von Nord-West; auf der Westküste von Europa hingegen wehen sie von Nord-Ost.

Daß sie gerade nach den Gegenden hin wehen, wo sie die Wärme, die sie suchen, am leichtesten erhalten können, ist gar nichts außerordentliches; ferner daß sie nach und nach aufhören und verschwinden, wenn sie durch die Berührung mit den Gewässern des Oceans erwärmt worden sind, stimmt gleichfalls mit der Natur und den Ursachen ihrer Bewegung überein, und wenn ich eine Hypothese über den vorzüglichsten Nutzen der Meere, oder über den Grund, warum das Verhältniß des Wassers auf unsern Erdboden, gegen das Land betrachtet, so überwiegend ist, wagen darf, so besteht sie darinn: daß dieses Uebergewicht des Wassers dazu dient, eine gleichere Temperatur in den verschiedenen Climaten zu erhalten, indem durch das Wasser die Winde, die zu gewissen Perioden über die großen Continente hin wehen, dadurch entweder erwärmt oder abgekühlt werden.

Daß kalte Winde, wenn sie über das Meer streichen, dadurch viel milder werden, und daß sehr warme Winde durch die Berührung mit dem Was-

ser

ser desselben abgekühlt werden, ist ganz gewiß; eben so gewiß ist es auch, daß die See-Winde, in allen Climaten viel temperirter als die Land-Winde sind.

Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, daß das milde Clima von Groß-Britannien und Irrland durch die Trennung dieser Inseln vom festen Lande, mittelst einer so großen Wasserfläche entsteht; und in allen ähnlichen Fällen, bringen ähnliche Ursachen in jedem Theil des Erd-Körpers ähnliche Wirkungen hervor.

Die kalten Nord-West-Winde, die auf der Küste von Nord-Amerika im Winter herrschend sind, erstrecken sich über 100 See-Meilen vom Ufer, und immer findet man, daß sie, so wie sie sich vom Lande entfernen, immer weniger heftig, und weniger schneidend werden.

Diese Periodischen Winde, die über die Continente von Europa und Nord-Amerika wehen, sind vorzüglich gegen das Ende des Februars und im März herrschend, und ich sehe ein, daß, wenn sie vorzüglich im März sehr heftig wehen, und wenn um diese Zeit der Boden gut mit Schnee bedeckt ist,

dieses zu einem baldigen Frühling, und zu einem fruchtbaren Sommer vieles beyträgt. Die ganze Atmosphäre der Polar Gegenden wird durch diese Winde nach und nach in den Ocean getrieben, dort erwärmt, und mit Wasser gesättigt. Da nun eine große Anhäufung der Luft auf der See eine natürliche Folge dieser lang anhaltenden Winde vom Ufer her ist, so breitet sich dann, sobald jene Winde aufgehört haben, die auf der See angehäufte, mildere Luft über das Land weit und breit aus, und unterstützt die wiederkehrende Sonne, um die Erde von ihrer Winterbekleidung zu befreyen, und die mannichfaltigen Schönheiten des neugebohrnen Jahres schneller zu verbreiten.

Die wärmere Luft, die von dem Meere landeinwärts strömt, hat ihre Wärme durch die Berührung mit dem Ocean erhalten, und ist folglich mit Wasser gesättigt; hieraus entstehen die warmen Platzregen im April und May, die zu einem fruchtbaren Jahre so nothwendig sind.

Der Ocean kann als das große Reservoir zur Ausgleichung der Wärme betrachtet werden; und sein wohlthätiger Einfluß, eine gewisse Temperatur

in der Luft zu erhalten, wirkt in allen Jahres-Zeiten, und unter allen Climaten.

Die verzehrend-heißen Winde der Zona torrida werden durch die Berührung mit ihrem Gewässer abgekühlt; rückwärts, bringen nun die kühlen See-Winde, die fast in allen heißen Ländern zu gewissen Stunden des Tages nach dem Lande zu wehen, angenehme Kühlung, und zugleich neues Leben und Kraft für die Pflanzen, und Thiere, die durch die brennende Sonnenhitze so entkräftet waren, mit. Welcher große Strich Landes, der jetzt der fruchtbarste auf der Erde ist, würde nicht durch die übermäßige Hitze durchaus verdorren und unbewohnbar werden, wären nicht diese kühlenden See-Winde! Ja es ist mehr als wahrscheinlich, daß die Extreme von Wärme und Kälte der verschiedenen Jahreszeiten in der temperirten und kalten Zone ganz unerträglich seyn würden, erhielte der Ocean nicht eine gewisse gleichförmige Temperatur.

Zu allen diesen Absichten ist der Ocean vorzüglich gut eingerichtet, nicht blos wegen der großen Kraft des Wassers, Wärme zu absorbiren, und wegen der großen Tiefe und Ausbreitung der

ver-

verschiedenen Meere (die so beträchtlich ist, daß Ein Sommer oder Winter diese ungeheure Masse kaum merklich erwärmen oder abkühlen kann); sondern auch wegen der immerwährenden Circulation, die im Ocean durch die darinn herrschenden Strömungen bewirkt wird.

Die Gewässer der heißen Zone werden durch diese Strömungen zu den Polar-Gegenden geführt, werden dort durch die Berührung mit dem kalten Winde abgekühlt, und indem sie so ihre Wärme jenen unwirthbaren Gegenden mitgetheilt haben, kehren sie nach dem Aequator zurück, und bringen Kühlung für jene verzehrenden Climate mit.

Die Weisheit und Güte der Vorsehung ist oft in Hinsicht auf die Vertheilung des Landes und Wassers auf der Oberfläche unserer Erde bezweifelt worden, indem man die große Ausbreitung des Oceans als einen Beweis der geringen Aufmerksamkeit, die bey dieser Vertheilung auf den Menschen sey genommen worden, ansah. Allein je mehr Beleuchtung wir über die wirkliche Anordnung der Dinge, und über den mannichfaltigen Nutzen der verschiedenen Theile der sichtbaren

Schöp-

Schöpfung erhalten; um desto vorsichtiger werden wir seyn, um nicht solche voreilige Urtheile zu fällen.

IX.

IX.

Untersuchung

der

durch Friction erzeugten Wärme.

Untersuchung
der
durch Friction hervorgebrachten Wärme.

Vorgelesen in der Königl. Societät d. Wissenschaften
den 25. Januar 1798.

Oft fügt es sich, daß sich bey den gewöhnlichen Beschäftigungen und Handthierungen des Lebens, Gelegenheiten darbieten, mehrere merkwürdige Operationen der Natur zu beobachten; ja sehr oft könnten die interessantesten physikalischen Versuche beynahe ohne irgend eine Mühe oder Ausgabe mittelst der Maschinerien angestellt werden, die man blos zu den mechanischen Zwecken der Künste und Manufacturen vorgerichtet hat.

Oft hatte ich Gelegenheit, diese Beobachtung zu machen, daß ein heller Blick auf alles, was bey

den gewöhnlichen Geschäften des Lebens vorgeht, mag es nun durch Zufall, oder durch die Forschungen einer heitern Phantasie bewirkt werden, oft nützlichere Zweifel, und hellere überschauende Entwürfe für Forschungen und Verbesserungen veranlaßt hat, als alle die tiefen Forschungen der Philosophen, in den Stunden, die bestimmt jenen Speculationen gewidmet wurden.

Zufall war es, der mich zu den Versuchen, die ich jetzt anführen werde, führte; sollten sie auch nicht wichtig genug seyn, und ihrer so weitläuftig zu erwähnen, so schmeichle ich mir doch daß man sie in mehrerer Rücksicht für interessant, und der öffentlichen Bekanntmachung nicht unwürdig halten wird.

Da ich vor kurzem die Ober-Aufsicht des Kanonen-Bohrens im Zeughause zu München hatte, so überraschte mich der beträchtliche Wärme-Grad, den eine metallene Kanone in kurzer Zeit, beym Bohren erhält; mehr aber noch, die weit größere Wärme der metallenen Späne (deren Wärme die des siedenden Wassers überstieg, wie ich durch Versuche fand) die durch das Bohren abfielen.

Je mehr ich über diese Phänomene nachdachte, desto mehr schienen sie mir alle Aufmerksamkeit zu verdienen. Eine strenge Untersuchung derselben ließ mich sogar einen tiefern Blick in die verborgene Natur der Wärme erwarten, und scheint uns in den Stand zu setzen, vernünftige Muthmaßungen über die Existenz, oder Nicht-Existenz eines feurigen Fluidums anzustellen, ein Gegenstand, worüber die Meinungen der Philosophen zu allen Zeitaltern sehr getheilt waren.

Um desto deutlicher und bestimmter die Ideen von den Speculationen und Schlüssen einsehen zu können, die diese Erscheinungen in mir erweckten, so wie von den Gegenständen der physikalischen Untersuchung, die sie mir einflößten, — so muß ich um Erlaubniß bitten, sie so ganz aus einander setzen zu können, wie ich es zur Erreichung meines Zwecks am dienlichsten halte.

Woher kömmt die Hitze, hervorgebracht durch die gegenwärtige mechanische Operation?

Entsteht sie aus den metallnen Spänen, die durch den Bohrer von der übrigen festen Metall-Masse getrennt werden?

Wäre

Wäre dieß der Fall, so müßte nach der neuern Lehre der latenten Wärme und des Wärmestoffs, die Wärme-Capacität der Theile des Metalls, welches so in Späne verwandelt worden, nicht nur verändert worden seyn, sondern die daraus entstandene Veränderung müßte auch groß genug seyn, um alle die vorgebrachte Hitze daraus zu erklären.

Doch eine solche Veränderung konnte nicht Statt gehabt haben; denn ich fand, da ich gleiche Quantitäten an Gewicht von diesen Spänen, und von dünnen Blättchen, die von demselben Metall-Stück mittelst einer feinen Säge getrennt worden waren, nahm, und sie, bey gleicher Temperatur (der des kochenden Wassers) in gleiche Quantitäten kaltes Wasser von $59°\frac{1}{2}$ Fahr. that, daß das Wasser, in welchem sich die Späne befanden, allem Anschein nach, weder mehr noch weniger erhitzt worden war, als die andere Portion, in welche ich die feinen Metall-Blättchen gethan hatte.

Dieser Versuch wurde mehreremal wiederholt, und die Versuche blieben sich immer beynahe so gleich, daß ich nicht entscheiden konnte, ob und welche Veränderung im Metall, in Hinsicht auf seine Wärme-Capacität, dadurch, daß es durch das

Boh-

Bohren in Späne verwandelt worden war, hervorgebracht worden sey *).

*) Da diese Versuche so wichtig sind, so ist es vielleicht nicht unangenehm, auch die Details davon anzuführen.

Einer davon war folgender: Zu 4590 Gran Wasser, von 59½° Fahr. Temperatur, wurden 1016⅛ Gran fein abgesägte Metall-Späne gethan, deren Temperatur 210° F. betrug. Nachdem beydes 1 Minute zusammen geblieben, und mit einem hölzernen Stäbchen wohl umgerührt worden war, so betrug die Wärme der Mischung 63°.

Zufolge dieses Versuches, verhält sich die specifische Wärme des Metalls, zu der des Wassers (nach der Crawfords Regel) wie 0,1100 zu 1,0000.

Ein folgender Versuch, der mit den metallenen Spänen angestellt wurde, war folgender:

Zu derselben Quantität Wasser, wie in dem vorhergehenden Versuche, von derselben Temperatur (59½°) in denselben zinnernen Cylinder, wurden jetzt 1016⅛ Gran Bohrspäne, aus derselben Kanone, von welcher die obigen Schnittchen genommen wurden, und von derselben Temperatur (210°) gethan. Die Wärme der Mischung betrug nach 1 Minute, gerade wie zuvor, 63°; folglich war die specifische Wärme dieser Bohr-Späne = 0,1100. Jeder der obigen Versuche wurde 3 mal wiederholt, und beynahe immer mit denselben Resultaten.

Hier-

Hieraus ist es klar, daß die erzeugte Wärme wahrscheinlich nicht auf Kosten der latenten Hitze der metallenen Späne konnte erregt worden seyn. Doch, da ich nicht Willens war, mich bey diesen Versuchen, so entscheidend sie mir auch zu seyn schienen, zu beruhigen, so stellte ich folgenden, noch entscheidendern Versuch an.

Ich nahm eine Kanone (einen messingenen Sechs-Pfünder), fest gegossen, und rauh, wie er aus der Stück-Gießerey kam, (S. Fig. 1. Tab. IV.) ließ sie horizontal in die Bohr-Maschine spannen, und nachdem die Kanone von außen abgedreht war, (s. Fig. 2.) so ließ ich ihre Extremität abschneiden; hierauf wurde das Metall an dieser Stelle abgedreht, wodurch ein fester Cylinder entstand, $7\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter und $9\frac{8}{10}$ Zoll lang; der, da er fertig war, mit der übrigen Kanone durch einen kleinen cylindrischen Hals, nur $2\frac{1}{5}$ Zoll im Durchmesser, und $3\frac{8}{10}$ Z. lang, vereinigt blieb.

Dieser kurze Cylinder, der durch Hülfe des Halses, mittelst dem er mit der Kanone vereinigt war, in seiner horizontalen Lage erhalten, und damit um seine Achse gedreht wurde, wurde nun mit dem gewöhnlichen horizontalen Kanonen-Bohrer ge-

gebohrt; allein die Bohrung, die 3,7 Zoll im Diameter betrug, war, anstatt durch den ganzen Cylinder (9,8 Zoll) zu gehen, nur 7,2 Zoll lang; so daß dieser hohle Cylinder einen festen Boden behielt, der 2,6 Zoll stark war.

Diese Höhlung im Cylinder ist durch die punktirten Linien in Fig. 2. angegeben, gleichfalls auch Fig. 3. nach vergrößertem Maaßstabe.

Dieser Cylinder war ausdrücklich dazu bestimmt, durch Reibung Hitze zu bewirken, indem ein stumpfer Bohrer, der durch Pferde um seine Achse gedreht wurde, gegen den festen Boden des Cylinders gedrückt wurde. Damit nun die angehäufte Hitze im Cylinder von Zeit zu Zeit könnte gemessen werden, so wurde ein schmales rundes Loch (f, d, e. Fig 3) bloß 0,37 Zoll im Durchmesser, und 4,2 Zoll tief, — um dahinein ein kleines cylindrisches Queckfilber-Thermometer zu halten — perpendicular nach der Achse des Cylinders zu gemacht, mitten in dem festen Theil des Metalls, welcher den Boden des Bohrloches bildete.

Der cubische Inhalt dieses hohlen Cylinders, den cylindrischen Hals, wodurch er mit der Kanone ver-

verbunden war, nicht mit gerechnet, betrug 385¾ Cub. Zoll Engl. Maaß, sein Gewicht aber 113,13 Pund Avoir du pois. Diese Bestimmungen fand ich, da ich ihn am Ende der Versuche, da er von der Kanone, an welcher er während den Versuchen noch hieng *), getrennt war, wog.

Versuch No. 1.

Dieser Versuch wurde angestellt, um auszumitteln, wie viel Hitze durch Reibung wirklich erzeugt würde, wenn ein stumpfer stählerner Bohrer so stark (mit-

*) Damit man mir nicht Verschwendung bey meinen physikalischen Untersuchungen Schuld giebt, so muß ich anführen, daß die Kanone, die ich bey den Versuchen brauchte, dadurch nicht unbrauchbar wurde. Der kurze hohle Cylinder, der am Ende der Kanone sich bildete, wurde aus dem cylindrischen Stücke Metall, von 2 Fuß Länge, welches über den eigentlichen Kopf der Kanone hinausragt, und der verlorne Kopf heißt, gedrehet, (s. Fig. 1).

Dieses hervorragende Stück, welches man, ehe die Kanone gebohrt wird, abschneidet, wird deswegen gleich mit an die Kanone gegoßen, damit, durch den Druck seines Gewichtes auf das untere Metall in der Form, die Kanone nach dem Kopfe zu desto compacter wird; denn, ohne diese Vorsicht, würde sonst das Metall leicht porös, und voller Löcher werden.

(mittelst einer starken Schraube) gegen den Boden der Bohrung im Cylinder gepreßt würde, daß der Druck ohngefähr einem Gewichte von 10,000 Pfund gleich wäre, indem der Cylinder ohngefähr 32 mal in einer Minute um seine Achse gedreht wurde.

Die Maschinerie, so wie sie zum Versuch vorgerichtet wurde, ist durch Fig. 2. vorgestellt. W bedeutet eine starke eiserne Stange, die vermöge passender Maschinerien durch Pferde gedrehet, die Kanone zugleich um ihre Achse bewegte.

Um so sehr als möglich, irgend einen Verlust der Wärme, die sich bey dem Versuche erzeugte, zu verhüten, wurde der Cylinder mit einem dicken warmen Flannel gut bedeckt, der sorgfältig darum geschlagen war, und ihn auf allen Seiten gegen die kalte Luft der Atmosphäre schützte. Diese Bedeckung ist in Fig. 2. nicht angegeben.

Noch führe ich an, daß der Bohrer aus einem glatten Stück gehärteten Stahl bestand, 0,63 Zoll dick, 4 Zoll lang, und beynahe so weit, als die Höhlung der Bohrung des Cylinders, (d. h. $3\frac{1}{2}$ Zoll) war. Seine Ecken waren so abgerundet, daß er das hohle Bohrloch ausfüllte; und er war genau

an

an die eiserne Stange (m) befestigt, die ihn an seinem Platze erhielt. Dieser Bohrer, durch den Buchstaben n bezeichnet, ist in den meisten Figuren mit vorgestellt.

Zu Anfang des Versuches, betrug die Temperatur der Luft im Schatten, und folglich auch die des Cylinders, gerade 60° F.

Nach 30 Minuten, da sich der Cylinder 960 mal um seine Achse gedreht hatte, wurden die Pferde aufgehalten, und ein cylindrisches Queckfilber-Thermometer, dessen Behälter $\frac{32}{100}$ eines Zolls im Diameter betrug, in das dazu gemachte Loch, auf der Seite des Cylinders gestellt, wo das Queckfilber beynahe auf 130° stieg.

Ob man gleich nicht annehmen konnte, daß die Hitze in allen Theilen des Cylinders gleich vertheilt seyn, so konnte die durch das Thermometer angezeigte Wärme, da sich das Behälter desselben von der Achse des Cylinders, bis beynahe an seine Oberfläche erstreckte von der der mittlern Temperatur des Cylinders nicht sehr verschieden seyn; und dieses war auch die Ursache, daß ich zu diesem Versuche ein Thermometer von so besonderer Form gewählt hatte.

Um zu sehen, wie schnell die Hitze aus dem Cylinder entweichen würde (um daraus einen wahrscheinlichen Schluß über die Quantität, die, während daß die Wärme, die durch Reibung entstand, sich anhäufte, zu machen) wenn die ganze Maschinerie ruhte, so ließ ich das Thermometer $\frac{3}{4}$ Stunden an seinem Platze, und bemerkte und zeichnete nach kurzen Zwischenräumen, die Höhe der dadurch angezeigten Temperatur, auf.

Die Hitze, wie sie das Thermometer angab, betrug

Nach	4	Minuten.	126°
Nach	5	Min. immer von der ersten Beobachtung an gerechnet. . . .	125°
—	7	—	123°
—	12	—	120°
—	14	—	119°
—	16	—	118°
—	20	—	116°
—	24	—	115°
—	28	—	114°
—	31	—	113°
—	34	—	112°
—	$37\frac{1}{2}$	—	111°
und nach	41	Min.	110°

Jetzt

Jetzt ließ ich den Bohrer wegnehmen, und that den metallischen Staub, der bey dem Versuche durch den stumpfen stählernen Bohrer abgerieben worden war, heraus; er wog, sorgfältig gewogen, 837 Gran Apoth. Gewicht.

Ist es nun möglich, daß eine so beträchtliche Hitze, welche in diesem Versuche erregt wurde (eine Quantität, welche die Temperatur von mehr als 113 Pfund Kanonen-Metall zum wenigsten um 70 Gr. Fahr. erhöhte; eine Temperatur, die fähig gewesen wäre, $6\frac{1}{2}$ Pfund Eis zu schmelzen, oder gegen 5 Pfund eiskaltes Wasser bis zum Kochen zu bringen) hätte durch eine so unbeträchtliche Menge metallischen Staub hervorgebracht werden können? und bloß zufolge einer Veränderung in seiner Wärme-Capacität?

Da das Gewicht dieses Metall-Staubes (837 Gr. Apoth. Gew.) nicht mehr als $\frac{1}{9\frac{1}{48}}$ des Gewichts des ganzen Cylinders betrug, so mußte er nicht weniger als 948 Grad Wärme verloren haben, um die Temperatur des Cylinders, nur um 1 Grad zu erhöhen; folglich mußte er nicht weniger als 66360 Grad Wärme abgegeben haben, um die in diesem Versuche erfolgten Wirkungen hervorzubringen.

Allein

Allein, ohne auf der Unwahrscheinlichkeit dieser Voraussetzung zu bestehen, brauchen wir uns bloß zu erinnern, daß nach den Resultaten der entscheidenden Versuche, die ausdrücklich zur Gewißheit dieses Factums angestellt wurden, die Wärme-Capacität des Metalls, woraus große Kanonen gegossen werden, nicht beträchtlich dadurch verändert wird, daß es durch das Bohren in Metall-Späne verwandelt wird; und daß kein Grund da zu seyn scheint, um anzunehmen, daß sie wenn das Metall durch einen stumpfen Bohrer in noch kleinere Stückchen zertheilt worden, sehr verändert werde, wenn sie überhaupt verändert wird.

Würde die Hitze, oder ein beträchtlicher Theil derselben, durch eine Veränderung der Wärme-Capacität in einem Theile des Metalls vom Cylinder erzeugt, so müßte sich, da eine solche Veränderung nur oberflächlich seyn könnte, der Cylinder nach und nach ganz erschöpfen; oder man würde durch successive Versuche finden, daß die Quantität der erzeugten Wärme, in einem gegebenen kurzen Zeitraum, nach und nach abnehmen würde. Um zu finden, ob dieses wirklich der Fall sey, wiederholte ich mit der äußersten Sorgfalt die letzterwähnten Versuche verschiedenemal; allein ohngeach-

tet

tet der großen Hitze, die dadurch abgesetzt wurde, bemerkte ich nicht das geringste Zeichen von Erschöpfung im Metall.

Da ich so große Ursache hatte, zu schließen, daß die in diesen Versuchen erzeugte Wärme, oder erregte, wie ich mich lieber ausdrücken will, nicht auf Kosten der latenten Hitze oder des gebundenen Wärmestoffs des Metalls abgesetzt wurde, so verfolgte ich meine Untersuchungen einen Schritt weiter, und suchte auszumitteln, ob die Luft zur Erzeuguug derselben etwas beytrüge oder nicht.

Versuch No. 2.

Da die Bohrung des Cylinders cylindrisch, die eiserne Stange (m) aber, an deren Ende der stumpfe stählerne Bohrer befestigt war, viereckigt war, so hatte die Luft freyen Zutritt zu der innern Seite der Bohrung, ja selbst zu dem Boden derselben, wo die Reibung, wodurch die Hitze erregt wurde, Statt hatte.

Da weder die, durch das gewöhnliche Kanonen-Bohren erhaltenen Metall-Späne, noch die feinern schuppigen Theilchen, die durch das Reiben des stumpfen Bohrers beym vorigen Versuche entstan-

standen, nicht die geringste Spur von Calcination zeigten, so begriff ich nicht, wie die Luft die Ursache der hervorgebrachten Hitze seyn könnte. Allein bey einer Untersuchung dieser Art, glaubte ich, müßte man keine Mühe sparen, und alle Hindernisse wegräumen, um so den Gegenstand, so offen und bloß als möglich, betrachten zu können.

Um durch einen entscheidenden Versuch darzuthun, ob die äußere Luft wirklich Theil an der Erzeugung der Hitze habe oder nicht, so schickte ich mich an, den obigen Versuch unter Umständen zu wiederholen, wo es für die Luft offenbar unmöglich war, irgend eine Wirkung hervorzubringen. Durch einen Stempel, der genau in die Mündung der Bohrung des Cylinders paßte, und durch dessen Mitte die viereckige eiserne Stange, an deren Ende der stumpfe stählerne Bohrer befestigt war, durch ein genau passendes viereckiges Loch lief, wurde der Zutritt der äußern Luft an die innere Fläche der Bohrung des Cylinders in der That verhindert. (In Fig. 3. sieht man diesen Stempel (p) an seiner Stelle; eben so auch in Fig. 7 und 8).

Allein ich fand durch diesen Versuch nicht, daß die Ausschließung der Luft, die Quantität der durch Reibung erzeugten Hitze, auch nur im geringsten verminderte.

Noch blieb ein Zweifel übrig, den ich doch, ob er gleich kaum einige Aufmerksamkeit zu verdienen schien, gern wegräumen wollte. Der Stempel, der die Mündung der Bohrung im Cylinder verschloß, war, damit er luftdicht seyn möchte, so genau mittelst lederner Ringe hineingepreßt worden, daß er, obgleich er mit Oehl bestrichen war, doch wenn der hohle Cylinder um seine Achse gedreht wurde, dadurch eine beträchtliche Reibung verursachte. Konnte nun nicht die Hitze, oder wenigstens ein Theil derselben, durch diese Reibung des Stempels erregt worden seyn? Ferner, da die äußere Luft freyen Zutritt zu dem Ende der Bohrung, wo sie mit dem Stempel in Berührung war, hatte, konnte da diese anstreichende Luft nicht einigen Theil an der Erzeugung der Wärme haben?

Versuch No. 3.

Ein länglich viereckiger wasserdichter tännener Kasten (s. Fig. 4.), $11\frac{1}{2}$ Engl. Zoll lang, $9\frac{4}{10}$ Z. weit, und $9\frac{6}{10}$ Z. tief, wurde in der Mitte der beyden Enden mit Oeffnungen versehen, in deren eine die viereckige eiserne Stange an deren Ende sich der stumpfe stählerne Bohrer befand, genau paßte, in die andere aber würde der kleine Hals, der den hohlen Cylinder mit der Kanone verband, gelegt. Hierauf wur-

wurde der Kasten (der durch einen hölzernen Deckel mit Bändern verschlossen wurde) zu rechte gestellt, d. h. durch Hülfe der beyden verticalen Ausschnitte an den Seiten, die wieder durch kleine vertikal ausgeschnittene Bretterchen geschlossen wurden, wurde der Kasten, (g, h, i, k. Fig. 3.) so an die Maschinerie befestigt, daß sein Boden (i, k) horizontal stand, und seine Achse mit der Achse des hohlen metallnen Cylinders coincidirte; daraus ist klar, daß der hohle metallene Cylinder die Mitte des Kastens einnahm, ohne auf irgend einer Seite anzustoßen (wie man aus Fig. 3. sieht), so daß, wenn man Wasser in den Kasten goß, und ihn bis an den Rand anfüllte, der Cylinder durch dieses Fluidum vollkommen umringt und bedeckt war. Ferner, da der Kasten durch die starke eiserne Stange fest gehalten wurde, die in ein viereckiges Loch in dem Centrum einer ihrer Enden lief (a. Fig. 4.), indeß der cylindrische Hals, der den hohlen Cylinder mit der Kanone verband, sich in dem Loche auf der andern Seite des Kastens frey um seine Achse drehen konnte; so sieht man hieraus, daß man die Maschine in Bewegung setzen konnte, ohne zu befürchten, den Kasten dadurch von seiner Stelle zu heben, Wasser heraus zu schütten, oder irgend einen Theil des Apparats in Unordnung zu bringen.

Da alles fertig war, so unternahm ich den von mir entworfenen Versuch auf folgende Art:

Der hohle Cylinder wurde sorgfältig von innen gereinigt, mit einem reinen Tuche dann so lange abgetrocknet, bis er ganz trocken war, und die viereckige eiserne Stange, mit dem stumpfen stählernen Bohrer an ihrem Ende, an ihren Platz gelegt; zu gleicher Zeit wurde die Mündung der Bohrung im Cylinder durch den runden Stempel, durch dessen Mitte die eiserne Stange lief, verschlossen.

Hierauf wurde der Kasten zurechte gestellt. Die Stellen, wo sich die eiserne Stange, und der cylindrische Hals mit an den Kasten schloß, wurden durch Ringe von geöhltem Leder wasserdicht gemacht, der Kasten mit kaltem Wasser gefüllt (von 60° Temperatur) und die ganze Maschine in Bewegung gesetzt.

Das Resultat dieses schönen Versuchs war sehr überraschend, und das mir dadurch gewährte Vergnügen belohnte mich hinlänglich für alle die Mühe, die ich angewendet hatte, um die hierzu nöthige Maschine, die so verwickelt war, anzuordnen, und zusammensetzen zu lassen.

Der Cylinder, der sich 32 mal in einer Minute um seine Achse drehte, war noch nicht lange in Be-

wegung gesetzt, als ich, da ich die Hand in das Wasser tauchte, und die Oberfläche des Cylinders berührte, bemerkte, daß sich Wärme erzeugte; es dauerte nun nicht lange, so wurde auch das Wasser um den Cylinder herum schon beträchtlich warm.

Nach 1. Stunde, als ich ein Thermometer in das Wasser im Kasten tauchte, (das Gewicht des Wassers betrug 18,77 Pfund [avoir du pois] oder $2\frac{1}{4}$ Gallonen Wein-Maaß) so fand ich, daß die Temperatur um 47 Grad gestiegen war; indem sie jetzt 107° Fahr. betrug.

Nach Verlauf von 30. Minut., oder 1 Stunde 30. Min. vom Anfange des Versuchs an gerechnet, betrug die Hitze des Wassers im Kasten 142°.

Nach 2 Stunden, vom Anfange dieses Versuches an gerechnet, war die Temperatur des Wassers bis auf 178° gestiegen.

Nach 2 Stunden 20 Min. betrug sie 200°; und nach 2 Stunden 30 Min. kochte das Wasser wirklich!

Die Ueberraschung und das Staunen der Umstehenden, solch eine Wasser-Masse ohne Feuer zum Kochen gebracht zu sehen, war über alle Beschreibung groß.

Ob-

Obgleich nun eigentlich in dieser ganzen Erscheinung nichts überraschendes lag, so gestehe ich doch offen, daß sie mir ein wahres kindisches Vergnügen gewährte; welches ich, sobald ich nach dem Ruhm eines ernsten Philosophen strebte, eher verbergen, als entdecken sollte.

Die Quantität der Wärme, die sich während dieses Versuchs erzeugt und angehäuft hatte, war sehr beträchtlich; denn nicht bloß das Wasser in dem Kasten, sondern auch der Kasten selbst (der $15\frac{1}{4}$ Pfund wog) ferner der hohle metallene Cylinder, und der Theil der eisernen Stange, der innerhalb des Kastens im Wasser hieng, waren 150° Fahr erhitzt; nemlich von 60° (welches die Temperatur des Wassers und der Maschinerie im Anfange des Versuches war) bis zu 210°, oder dem Grade, wo das Wasser in München kocht.

Die ganze Quantität der erzeugten Wärme kann mit ziemlicher Genauigkeit auf folgende Art geschätzt werden.

Von der erregten Hitze scheint sich wirklich angehäuft zu haben.	Quantität des Eiskalten Wassers, welches durch die gegebene Quantität Wärme, 180° oder bis zum Sieden erhitzt worden wäre. —
In dem, im hölzernen Kasten enthaltenen Wasser, $18\frac{3}{4}$ Pfund Avoir du pois, erhitzt um 150°, nemlich, von 60° bis 210° Fahr. Pfund	15,2
In 113,13 Pfund Kanonen-Metall, (der hohle Cylinder) 150° erhitzt; und da die Wärme-Capacität dieses Metalls sich zu der des Wassers verhält wie 0,1100 zu 1,0000, so würde diese Quantität Wärme $12\frac{1}{2}$ Pfund Wasser bis zu demselben Grad erhitzt haben.	10,37
In 36,75 Cubik-Zoll Eisen (der Theil der eisernen Stange, an der der Bohrer befestigt war, und die sich im Kasten befand) 150° erhitzt; welches in Ansehung der Wärme-Capacität 1,21 Pfund Wasser gleich gerechnet werden kann.	1,01
NB. Sowohl die in dem hölzernen Kasten angehäufte Wärme, als die während des Versuchs verloren gieng, ist hier nicht mitgerechnet worden.	
Total Quantität des Eiskalten Wassers, die durch die, durch Reiben erzeugte; und während 2 Stunden 30 Minten angehäufte Hitze, hätte können bis zu 180° erhitzt, oder bis zum Kochen gebracht werden.	26,58

Aus

Aus der Quantität von Hitze, die in dem vorhergehenden Versuche hervorgebracht wurde (die wir kennen) und der Zeit, in der sie sich erzeugte, können wir nun die Schnelligkeit ihrer Production finden, und bestimmen, wie viel Feurung, bey gleichem Brande, wäre verzehrt worden, um durch Verbrennung dieselbe Quantität Wärme, in derselben Zeit hervorzubringen.

In einem Versuche von Dr. Crawford (s. dessen Tractat über die Wärme p. 321) wurden 37 Pfund 7 Unz. Apoth. Gew. Wasser = 181920 Gran Wasser, $2\frac{1}{10}$ Grad Fahr. durch eine Verbrennung von 26 Gran Wachs erwärmt. Dies giebt 382032 Gran Wasser erwärmt um 1°, durch 26 Gran Wachs; oder $14693\frac{4}{10}$ Gran Wasser um 26 Grad, oder $\frac{146923}{180}$ = 81,631 Gran Wasser, um 180 Grad erhitzt, durch die Wärme, die sich während dem Verbrennen von 1 Gran Wachs erzeugt.

Die Quantität des eiskalten Wassers, die durch die, durch Reibung erregte Hitze in dem kurz erwähnten Versuche, 180° war erhitzt worden, betrug, wie wir fanden 26,58 Pfund Avoir du pois = 188060 Gran. Da nun 81,631 Gran Eiskaltes Wasser zur Erhöhung der Temperatur bis 180°, eine Hitze, die sich durch das Verbrennen von 1

Gran

Gran Wachs entwickelt, erfodert; so würde die vorige Quantität eiskaltes Wasser (nemlich 188060 Gran) die Verbrennung von nicht weniger als 2303,8 Gran (= $4\frac{8}{10}$ Unz. Apoth. Gew.) Wachs erfodert haben, um 180 Grad erhitzt zu werden.

Da der Versuch (No. 3.), in welchem die gegebene Quantität Wärme durch Reibung hervorgebracht wurde, 2 Stunden 30 Min = 150 Minuten dauerte, so muß man — um auszumitteln, wie viele Wachs-Lichter neben einander brennen müssen, um durch ihr Verbrennen eine gleiche Quantität Wärme in derselben Zeit, und folglich mit derselben Geschwindigkeit, wie bey dem durch das Reiben angestellten Versuche hervorzubringen — sowohl die Größe der Körper, als auch die Quantität Wachs, die jede Kerze in einer gegebenen Zeit verzehrt, bestimmen und kennen.

Jetzt fand ich nun durch einen Versuch, den ich zu dieser Absicht anstellte, daß wenn ein gutes Wachs-Licht; von mittlerer Größe, $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser, mit einer hellen Flamme brennt, gerade 49 Gran Wachs in 30 Minuten aufgezehrt werden. Hieraus folgt, daß ein solches Licht in 150 Minuten 245 Gran Wachs aufzehrt, und daß, um die nöthige Quantität Wachs (= 2303,8 Gran)

zu verbrennen, die nöthig ist, um eine gleiche Quantität Wärme, wie sie in dem erwähnten Versuche durch Reibung erzeugt wurde, und in derselben Zeit (159 Minut.) hervorzubringen, 9 Wachs-Lichter, zugleich brennend, nicht hinreichen würden; denn 9 multiplicirt in 245 (die Zahl von Granen, die jedes Licht in 150 Minuten verzehrte) giebt nicht mehr als 2205 Gran; da doch, um jenen Grad der Hitze zu erreichen, 2303,8 Gran erfoderlich waren.

Aus dem Resultate dieser Rechnungen erhellet, daß die Quantität, der durch Reibung in obigem Versuche gleichförmig hervorgebrachten Hitze größer war, als die durch das Verbrennen von 9 Wachs-Lichtern ($\frac{3}{4}$ Zoll stark) erhaltene, die zu gleicher Zeit mit heller Flamme brennten.

Da die bey dem obigen Versuche angewendete Maschinerie, sehr leicht durch Ein Pferd in Bewegung erhalten werden konnte (ob ich gleich zur Erleichterung 2 Pferde angewendet hatte) so zeigen diese Berechnungen ferner, welch eine Quantität von Wärme, durch eine dazu passende mechanische Vorrichtung, bloß durch die Kräfte eines Pferdes, ohne Licht, Feuer, Verbrennung, oder chemische Decomposition, können hervorgebracht werden; so daß man im Nothfall, die auf diese Art erregte

Wär-

Wärme, selbst zum Kochen von Lebensmitteln brauchen könnte.

Doch läßt sich kein Umstand gedenken, in dem diese Art Wärme zu schaffen, nicht unvortheilhaft seyn würde; denn, selbst aus dem Futter für das Eine Pferd, als Feurung gebraucht, würde man mehr Wärme bekommen.

Sobald der letzt erwähnte Versuch (No. 3) beendigt war, wurde das Wasser aus dem hölzernen Kasten gelassen, und er selbst weggenommen. Hierauf wurde der Bohrer aus dem Cylinder gethan, das schuppige metallische Pulver, welches in der Höhlung des Cylinders entstanden war, gesammelt, und da es sorgfältig gewogen wurde, fand man sein Gewicht = 4145 Gran, oder gegen $8\frac{2}{3}$ Unzen Apoth. Gewicht.

Da diese Quantität in $2\frac{1}{2}$ Stunden hervorgebracht wurde, so giebt dies 824 Gran für die halbe Stunde.

Bey dem ersten Versuche, der nur $\frac{1}{2}$ Stunde währte, betrug die erhaltene Quantität 837 Gran.

Bey dem Versuch No. 1. war die Quantität der in einer halben Stunde erzeugten Wärme der gleich, die nöthig war, um 5 Pfund Avoir du pois Eiskaltes Wasser 180°, oder bis zum Siede-Punkt, zu erhitzen.

Zufolge des Resultats des dritten Versuches würde die in einer halben Stunde erzeugte Wärme 5,31 Pfund Eiskaltes Wasser bis zum Kochen erhitzt haben. Da bey dem letzterwähnten Versuche die erregte Wärme mehr eingeschlossen war, so gieng weniger davon verlohren; dieses bewirkte die Verschiedenheit der Resultate beyder Versuche.

Noch muß ich einen Versuch anführen, der mit diesem Apparat angestellt wurde. Durch den Versuch No. 1. fand ich, wie viel sich Wärme beym freyen Zutritt der Luft an die metallenen Flächen, die an einander gerieben wurden, erzeugte. Beym Versuch No 2. fand ich, daß die Quantität der erregten Wärme, durch den ausgeschlossenen Zutritt der freyen Luft nicht sehr vermindert wurde; aus dem Resultate des Versuches No 3. erhellete, daß die Erzeugung der Wärme dadurch, daß der Apparat in Wasser getaucht war, nicht verhindert, oder verzögert wurde. Da aber, bey diesem letzten Versuche, das Wasser, ob es gleich den hohlen metallenen Cylinder allenthalben umgab, doch nicht in seine ausgehöhlte Bohrung (durch den Stempel daran verhindert) kommen, und folglich nicht in Berührung mit den metallenen Oberflächen, wo sich die Wärme erzeugte, treten konnte; so machte ich, um zu sehen, welche Wirkungen der freye Zutritt

des Wassers zu diesen Flächen hervorbringen würde, den

Versuch. No. 4.

Der Stempel, der das Ende der Bohrung im Cylinder verschloß, wurde herausgenommen, der stumpfe Bohrer wieder in den Cylinder gebracht, der Kasten mit Wasser gefüllt, wieder an seiner Stelle befestigt, und die ganze Maschinerie wieder in Bewegung gesetzt.

Allein es fand sich bey dem Resultate dieses Versuches nichts, weswegen ich bey der Erklärung desselben weitläuftig zu seyn brauchte. Wärme erzeugte sich, wie bey den vorigen Versuchen, und selbst, allem Anscheine nach, auch eben so schnell; ja ich zweifle nicht, daß das Wasser im Kasten selbst zum Sieden wäre gebracht worden, hätte dieser Versuch so lange als der vorige gedauert. Der einzige Umstand, der mir auffiel, war der geringe Unterschied des Geräusches, den der Bohrer, da die Bohrung im Cylinder doch mit Wasser angefüllt war, jetzt machte. Das schabende Geräusch, welches schneidend, und manchmal fast unerträglich für das Ohr war, war, so viel ich beurtheilen konnte, jetzt beynahe eben so hell, und unangenehm, als

vor-

vorher, wo die sich reibenden Flächen bloß der Luft ausgesetzt waren.

Denken wir über die Resultate aller dieser Versuche nach, so führen sie uns natürlich zu der großen Frage, die schon so oft ein Gegenstand der Speculationen der Philosophen war; nemlich:

Was ist Wärme? — Giebt es ein feuriges Fluidum? — Giebt es etwas, das man mit Recht Wärmestoff nennen kann?

Wir sehen, daß eine beträchtliche Quantität Wärme durch die Aneinander-Reibung zweyer metallischen Flächen entsteht, und ohne Unterbrechung, und ohne Zeichen von Verminderung oder Erschöpfung, in einem beständigen Strom nach allen Richtungen abgesetzt wird.

Woher kam die Wärme, die auf diese Art in den vorhergehenden Versuchen beständig abgesetzt wurde? Wurde sie durch die kleinen Metall-Theilchen, die durch das Aneinander-Reiben der festen Metall-Körper entstanden, gebildet? Dieses war, wie wir schon oben sahen, wahrscheinlich nicht der Fall.

Wurde sie durch die Luft erzeugt? Auch dieses konnte der Fall nicht seyn; denn bey den drey Versuchen, wo die Maschine unter Wasser stand, wurde der Zutritt der äußern Luft hinlänglich verhindert.

Wur-

Wurde sie durch das Wasser, das die Maschine umgab, abgegeben? Daß auch dieses der Fall nicht seyn konnte, ist klar: Erstens, weil das Wasser beständig Wärme von der Maschine erhielt, und folglich nicht von demselben und an denselben Körper zugleich Wärme geben, und von ihm annehmen konnte; Zweytens, weil das Wasser in keinem seiner Theile dadurch chemisch decomponirt worden war. Hätte eine solche Decomposition Statt gehabt, (welches gar nicht mit Grund zu erwarten war) so müßte eine von dessen elastischen Flüssigkeiten (am wahrscheinlichsten inflammable Luft oder Wasserstoffgas) zugleich dadurch in Freyheit gesetzt worden seyn, und wäre, indem es in die Luft hätte entweichen wollen, dadurch entdeckt worden; allein ob ich gleich alles in Bereitschaft gesetzt hatte, um die entstehenden Luftblasen sogleich aufzufangen, so konnte ich doch keine bemerken; auch zeigte sich im Wasser durchaus kein Zeichen der Decomposition, oder eines andern chemischen Prozesses.

Ist es möglich, daß die Wärme durch die eiserne Stange, an deren Ende der stählerne Bohrer saß, hätte entstehen können? oder durch den kurzen Hals, wodurch der hohle Cylinder mit der Kanone vereinigt war? Diese Voraussetzungen sind noch unwahrscheinlicher als die obigen; denn die Wärme gieng,

so lange der Versuch dauerte, durch diese beyden Passagen, immer aus der Maschine heraus.

Wenn wir über diesen Gegenstand Schlüsse machen, so dürfen wir den merkwürdigen Umstand nicht vergessen, daß die Quelle der durch Reibung erzeugten Wärme, bey allen diesen Versuchen, offenbar als unerschöpflich erschien.

Kaum ist es nöthig zu bemerken, daß ein Etwas, welches von einem isolirten Körper, oder einem System von Körpern, ohne Gränzen mitgetheilt wird, ohnmöglich eine materielle Substanz seyn kann: und es scheint mir sehr schwer, wo nicht ganz unmöglich zu seyn, sich eine bestimmte Idee von einem Etwas zu machen, das fähig wäre, so, wie die Wärme in den vorigen Versuchen, erregt und mitgetheilt zu werden; es müßte denn die Bewegung seyn.

Ich bin weit entfernt mir anmaaßen zu wollen, zu wissen, wie, oder durch welche Mittel, oder mechanische Vorrichtungen, jene besondere Art von Bewegung in den Körpern, welche, wie man angenommen hat, die Wärme bildet, erregt, unterhalten und fortgepflanzt wird, und ich will mich nicht bey einem Gegenstande, den schon seit mehrern Jahrtausenden die denkendsten Philosophen umsonst zu ergründen gesucht haben, länger aufhalten.

Allein,

Allein, obgleich der Mechanismus der Wärme zu den Geheimnissen der Natur gehören möchte, die unerreichbar für die menschliche Kenntniß sind, so muß uns doch dies keineswegs muthlos machen, oder unsern Eifer, den Gesetzen ihrer Wirkungen nachzuspüren zu suchen, durchaus nicht erschlaffen. Wie weit können wir nicht auf den Pfaden, die Wissenschaften uns öffnen, vorwärts schreiten, ehe wir uns in jene undurchdringliche Nebel eingehüllt sehen, die von allen Seiten den Horizont des menschlichen Wissens verbergen? Wie groß, und wie interessant, ist jedoch noch das Feld, daß sich unsern Forschungen darbietet!

Gewiß behauptete noch niemand bey gesundem Verstande, den Mechanismus der Gravitation ergründet zu haben; und dennoch, was machte unser unsterblicher Neuton nicht für erhabene Entdeckungen bloß dadurch, daß er den Gesetzen ihrer Wirkung nachspürte!

Die Wirkungen, die die Wärme in der Natur hervorbringt, sind wahrscheinlich eben so ausgebreitet, und eben so wichtig, als diejenigen, die durch die Tendenz materieller Partikeln gegen einander entstehen; und ohne Zweifel, sind ihre Operationen in allen Fällen, durch eben so unveränderliche Gesetze bestimmt.

Ehe ich diese Abhandlung schließe, muß ich noch bemerken, daß ich bey Behandlung des Gegenstandes, den ich eben zu erforschen suchte, weder die Namen derjenigen, die vor mir denselben Weg betraten, noch den Erfolg ihrer Arbeiten angeführt habe; dieses unterließ ich nicht aus Mangel an Achtung gegen meine Vorgänger, sondern bloß um Weitläufigkeit zu vermeiden, und um desto mehr Freyheit zu haben, ohne Unterbrechung dem natürlichen Gange meiner eignen Ideen zu verfolgen.

Beschreibung der Figuren.

Fig. 1. zeigt die bey den Versuchen gebrauchte Kanone, wie sie aus der Stück-Gießerey kam.

Fig. 2. zeigt die bey den Versuchen No. 1. und No. 2. angewendete Maschinerie Man sieht die Kanone in die gewöhnliche Bohr-Maschine gespannt, w bedeutet eine starke eiserne Stange, (die, aus Ersparniß des Raums, hier abgebrochen erscheint) die, vereinigt mit der Maschinerie (hier nicht angegeben) welche durch Pferde herumgetrieben wird, die Kanone um ihre Achse drehet.

m bedeutet eine starke eiserne Stange, an deren Ende der stumpfe Bohrer befestigt ist, der gegen den Boden des ausgebohrten kurzen hohlen Cylinders, der durch den kleinen Hals mit dem Ende der Kanone verbunden ist, gedrückt, durch Reibung die Wärme hervorbringt.

Fig. 3. zeigt, nach vergrößertem Maaßstabe, denselben hohlen Cylinder. Hier ist er mit dem hölzernen Kasten (g, h, i, k,) der bey den Versuchen No. 3. und No. 4., wo der hohle Cylinder sich im Wasser befand, gebraucht wurde, verbunden.

Beschreibung der Figuren.

p, durch punktirte Linien bezeichnet, bedeutet den Stempel, der die Bohrung des Cylinders verschloß.

n, zeigt den stumpfen Bohrer von der Seite.

d, e; bedeutet das kleine Loch, in welches das Thermometer gestellt wurde, um die Wärme des Cylinders zu erforschen. Um Raum zu ersparen, erscheint die Kanone nahe am Kopf abgebrochen; und die eiserne Stange, an der der stumpfe Bohrer befestigt ist, erscheint bey m abgebrochen.

Fig. 4. giebt eine perspectivische Ansicht des hölzernen Kastens, von dem man Fig. 3. (ff. g, h, i, k.) einen Querschnitt sieht.

Fig 5. u. 6. zeigt den stumpfen Bohrer n, mit der eisernen Stange m verbunden.

Fig. 7. u. 8. stellt denselben Bohrer, mit der eisernen Stange, und den Stempel vor, wie er bey den Versuchen No. 2. und No. 3. zum Verschließen der Mündung des hohlen Cylinders gebraucht wurde.

Verbesserungen.

Seite	7.	Zeile	11	lies richtig statt unrichtig.
—	67.	—	15	l. welche st. welches.
—	68.	—	10	l. schmelzen st. zerschmelzen.
—	150.	—	14	streiche gewiß weg.

Bayerische Staatsbibliothek München

Taf. 1.

Fig. 1.

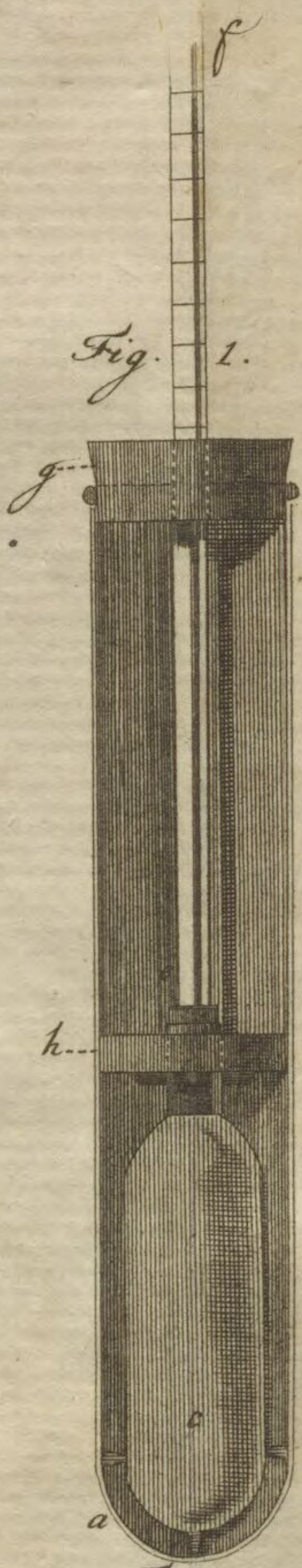
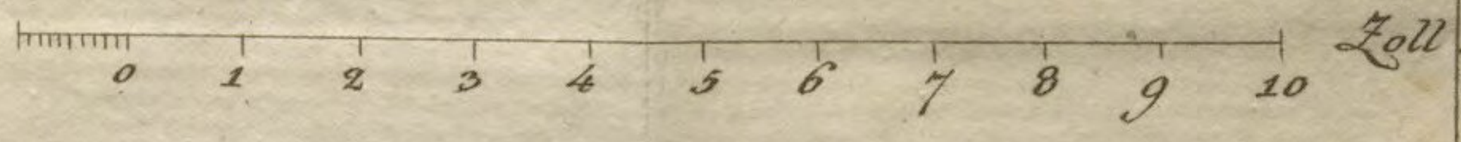
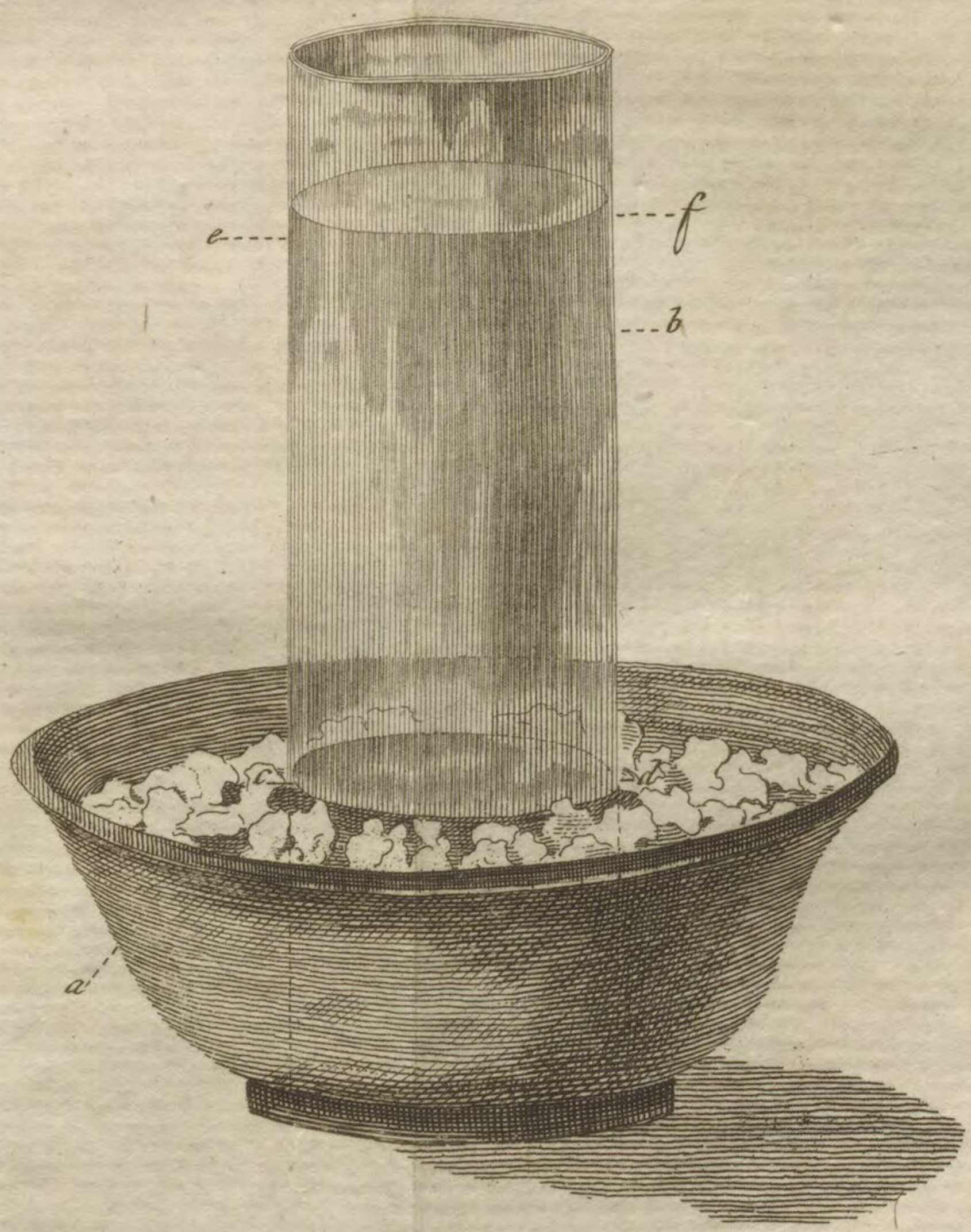


Fig. 2.



Taf. 2.

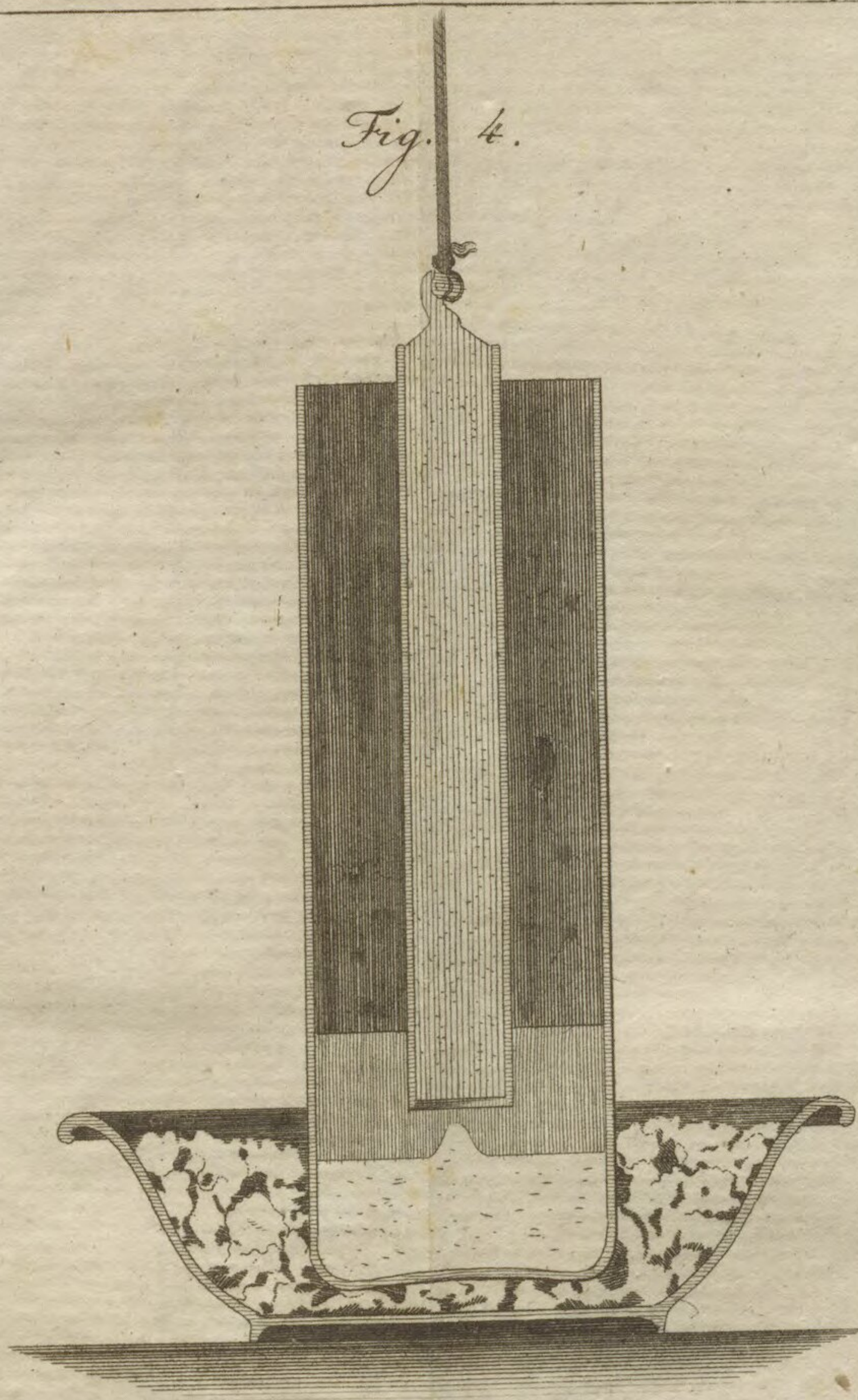
Fig. 3.



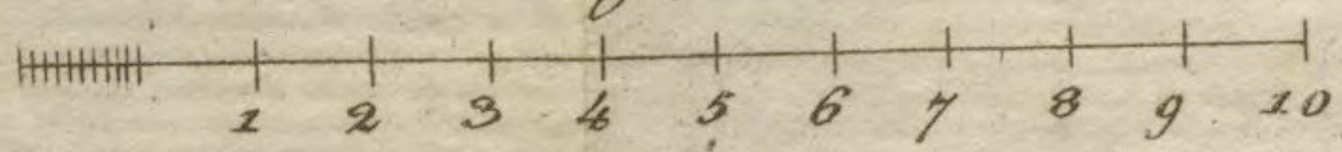
Zoll.

Taf. 3.

Fig. 4.

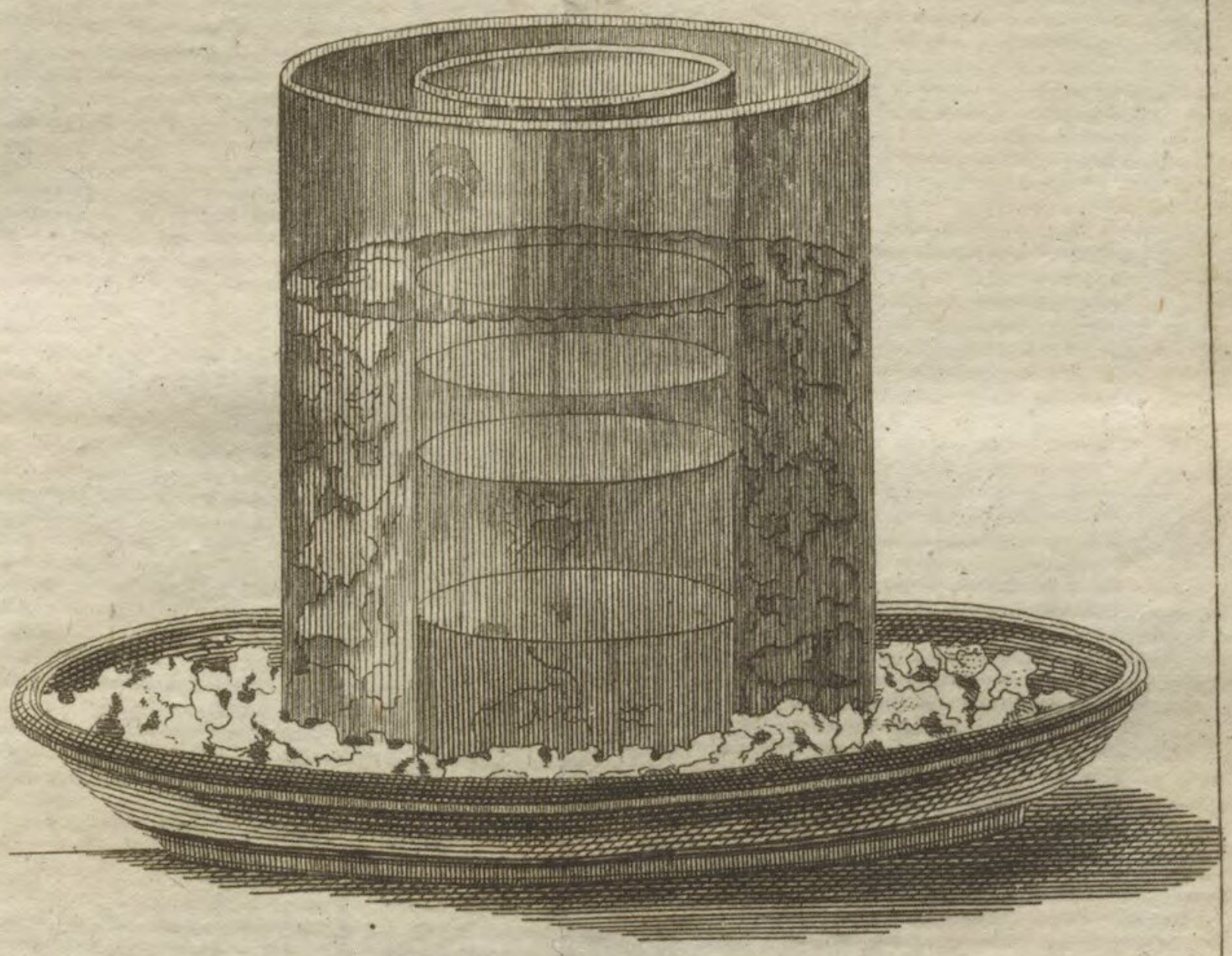


Engl. Zoll.

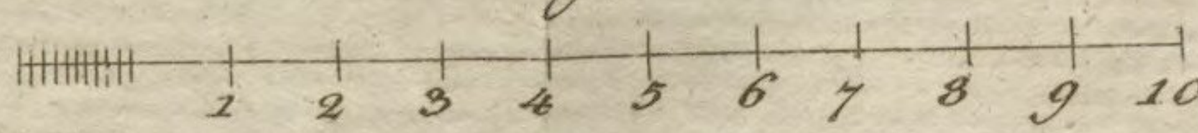


Taf. 4.

Fig. 5.



Engl. Zoll.



Taf. 5.

Fig. 1.

Fig. 2.

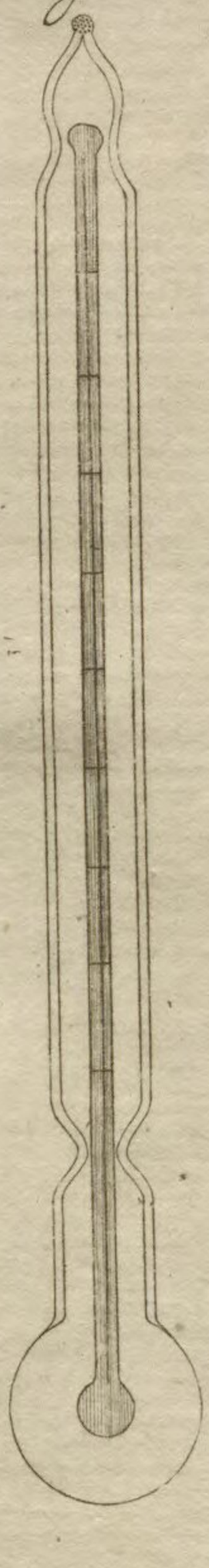


Fig. 3.

Fig. 4.

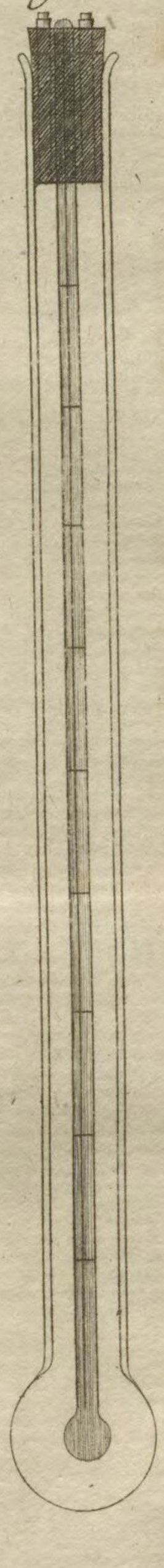
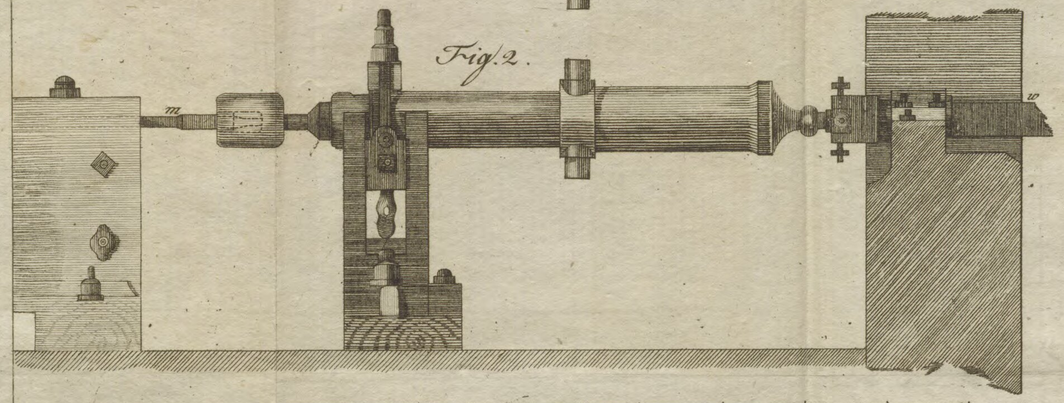


Fig. 1.

Fig. 2.



Engl. Fuss.

Fig. 3.

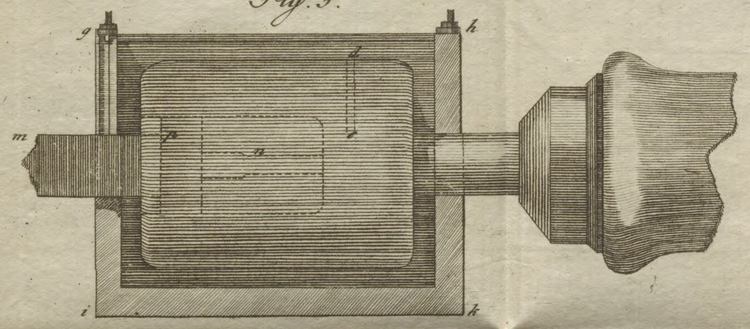


Fig. 5.

Fig. 7.

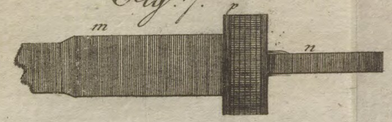


Fig. 6.

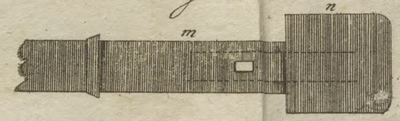


Fig. 8.

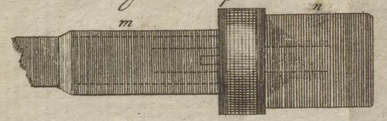
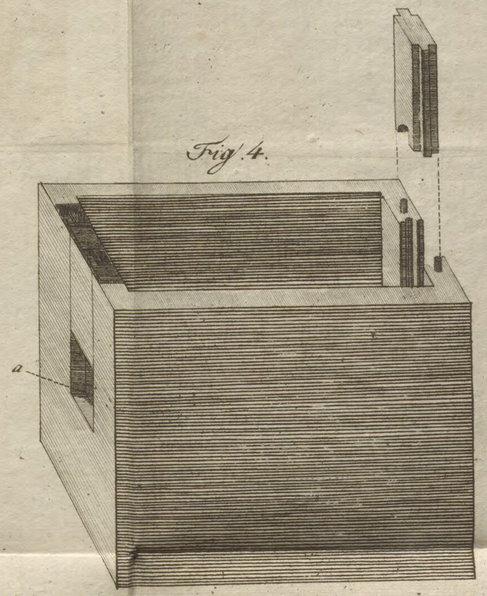


Fig. 4.



Engl. Fuss.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Rumford, Benjamin Thompson <<von>>,

Benj. Grafen von Rumford kleine Schriften politischen, ökonomischen und philosophischen Inhalts

Bd.: 2,2

Weimar (1800)

Opp. 604 b-2,1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10604931-2
VD18 90394607-001